Учреждение Российской академии наук
Геологический институт КНЦ РАН

Российский фонд фундаментальных исследований

Российское минералогическое общество
Комиссия по истории
Кольское отделение

ГЕОЛОГИЯ И СТРАТЕГИЧЕСКИЕ ПОЛЕЗНЫЕ ИСКОПАЕМЫЕ КОЛЬСКОГО РЕГИОНА

Труды IX Всероссийской (с международным участием)
Ферсмановской научной сессии, посвящённой 60-летию
Геологического института КНЦ РАН

Апатиты, 2-3 апреля 2012 г.

Апатиты, 2012

УДК 55 + 553 (470.21)
ISSN 2074-2479

Геология и стратегические полезные ископаемые Кольского региона. Труды IX Всероссийской (с международным участием) Ферсмановской научной сессии, посвящённой 60-летию Геологического института КНЦ РАН. Апатиты, 2-3 апреля 2012 г. / Ред. Ю.Л. Войтеховский. – Апатиты: Изд-во К & М, 2012. – 380 с.

В сборнике представлены статьи по материалам докладов, оглашённых на IX Всероссийской (с международным участием) Ферсмановской научной сессии, посвящённой 60-летию Геологического института КНЦ РАН. В них излагаются новые результаты, полученные по следующим направлениям фундаментальных исследований: история геологического изучения Кольского региона; региональная геология, металлогения и геохронология; общая, генетическая, технологическая и техническая минералогия. Издание представляет интерес для широкого круга геологов и историков науки, а также студентов соответствующих специальностей.

Научный редактор: проф., д.г.-м.н. Ю.Л. Войтеховский
Компьютерный дизайн: Л.Д. Чистякова, А.А. Тележкин, Н.А. Мансурова
Фоторепортаж: А.А. Тележкин

Электронная версия: http://geoksc.apatity.ru/publications/conferences

© Коллектив авторов, 2012
© Российский фонд фундаментальных исследований, 2012
© Российское минералогическое общество, Кольское отделение, 2012
© Российское минералогическое общество, Комиссия по истории, 2012
© Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Геологический институт Кольского научного центра Российской академии наук, 2012

60 лет на Кольском полуострове!

Уважаемые читатели! Вы держите в руках Труды IX Всероссийской (с международным участием) Ферсмановской научной сессии, посвящённой 60-летию Геологического института, старейшего в структуре Кольского научного центра РАН. Его создание определено распоряжениями, впервые публикуемыми ниже. Но если говорить неформально, то его история старше на 20 лет. Она начинается с секторов геологии и петрографии, минералогии и геохимии, химико-технологической и химико-аналитической лабораторий, существовавших в структуре Хибинской горной станции «Тиетта», основанной акад. А.Е. Ферсманом. Структура института и основные направления фундаментальных научных исследований менялись в соответствии с запросами государства. Сегодня в Уставе института прописаны три направления исследований: геология, геохронология, металлогения и глубинное строение докембрийских структур, их роль в формировании континентальной литосферы; закономерности размещения, формирования и прогнозирования полезных ископаемых древних щитов и шельфа северных морей; минералогия: состав и структура минералов и наноразмерных минеральных фаз уникальных геологических объектов Кольского региона. По материалам, представленным в сборнике, представляется интересным сравнить, насколько они отличаются от тех, что были сформулированы акад. А.Е. Ферсманом и его коллегами В.И. Влодавцом, О.А. Воробьёвой, Б.М. Куплетским и А.Н. Лабунцовым на I Полярной конференции по вопросам комплексного использования хибинской апатито-нефелиновой породы, проходившей 9-12 апреля 1932 г. в Хибиногорске (в том числе в «Тиетте» в день её открытия 10 апреля), Нивастрое и Кандалакше. Их выступления публикуются далее [I Полярная конференция по вопросам комплексного использования Хибинской апатито-нефелиновой породы. 9-12 апреля 1932 г. Апатиты: Изд-во КНЦ РАН, 2009. 324 с.]. 24-25 октября 2011 г. в Государственном архиве Мурманской области в г. Кировске состоялась научно-практическая конференция «Кировск и Апатиты. Малые города – большая история: работа с архивными, библиотечными, музейными документами по краеведению». Представленные на конференции доклады показали различные аспекты культурного освоения нашего края. Они включены в историческую секцию настоящего тома.

ПРЕЗИДИУМ АКАДЕМИИ НАУК СОЮЗА ССР

РАСПОРЯЖЕНИЕ № 2327

г. Москва, 22 декабря 1951 г.

Совет Министров СССР распоряжением № 23506-р от 8 декабря 1951 г. разрешил Президиуму Академии Наук СССР организовать в Кольском филиале Академии Наук СССР Геологический институт на базе геологических секторов филиала и обязал принять меры к укреплению Кольского филиала научными кадрами, оборудованием и средствами для проведения экспедиционных исследований.

Совет министров СССР тем же распоряжением обязал Министерство внутренних дел построить в течение 1952-1953 гг. в г. Кировске для Кольского филиала Академии Наук два четырёхквартирных и четыре двухквартирных стандартных дома.

Во исполнение указанного распоряжения Совета Министров:

I. Обязать:

а) Президиум Кольского филиала АН СССР (акад. Д.С. Белянкин) организовать Институт геологии на базе геологических секторов и утверждённого филиалу штатного расписания.

б) Управлению кадров АН СССР (С.И. Косиков) предусмотреть в заявке Министерству высшего образования выделение Кольскому филиалу 12 молодых специалистов, оканчивающих ВУЗы в 1952 г. по специальностям согласно приложению.

II. Для оказания научно-организационной помощи Кольскому филиалу АН СССР и разработки мероприятий по укреплению филиала в соответствии с указанным распоряжением Совета Министров СССР командировать в г. Кировск комиссию в следующем составе:

1. Н.А. Красильников – член-корр. АН СССР – председатель комиссии
2. Б.В. Иванов – канд. геол.-мин. наук, зам. директора Института геологических наук – зам. председателя комиссии
3. Ю.А. Ливеровский – доктор геол.-мин. наук, зам. директора Почвенного института – член комиссии
4. А.М. Озол – действ. член АН Латвийской ССР, ст. научный сотрудник Института леса – член комиссии
5. А.Д. Емельянов – канд. эконом. наук, учёный секретарь Отделения экономики и права – член комиссии
6. Н.С. Петинов – доктор биол. наук – член комиссии
7. Л.Л. Шилин – инспектор-консультант Управления кадров АН СССР – член комиссии
8. В.В. Фарсобин – ст. и/консультант Совета филиалов АН СССР – член комиссии
9. Срок командировки 20 дней. Комиссии выехать в г. Кировск не позднее 18/I-1952 г.
10. Расходы по командировке отнести за счёт сметы Совета филиалов.

III. Поручить комиссии, указанной в п. II, совместно с Президиумом Кольского филиала АН СССР уточнить структуру филиала в соответствии с распоряжением Совета Министров СССР № 23506-р от 8/XII-1951 г. и представить её на утверждение Президиума Академии Наук СССР.

IV. Поручить Академстрою (Е.Т. Курицын) согласовать с Министерством внутренних дел СССР вопрос о порядке и очерёдности строительства жилых домов для Кольского филиала.

п/п Президент Академии Наук СССР, академик

А.Н. Несмеянов

Главный учёный секретарь Президиума Академии Наук СССР, академик А.В. Топчиев

Разослано: Кольский филиал, Совет филиалов, Н.М. Сисакяну, ОГГН, К.А. Власову, Упр. кадров, членам комиссии, Академстрой, Отдел спецработ, ФИНО, Центр. бухг., Контроль, Партбюро, Общий отдел.

№ 1898 – 35 экз.
24/XII-51 г.

ВЫПИСКА ИЗ ПРОТОКОЛА № 5

заседания Президиума Кольского филиала им. С.М. Кирова Академии Наук СССР

Апатитовая гора, 18 апреля 1952 г.

Председатель – А.В. Сидоренко, секретарь – Г.И. Горбунов

3. Слушали: утверждение и.о. директора Геологического института Кольского филиала (докл. Г.И. Горбунов).

Постановили: утвердить исполняющим обязанности директора Геологического института Кольского филиала им. С.М. Кирова АН СССР зав. сектором геологии и петрографии, к.г.-м.н. Е.К. Козлова.

п/п Зам. председателя Президиума КолФАН СССР
д.г.-м.н. А.В. Сидоренко

Учёный секретарь Президиума
к.г.-м.н. Г.И. Горбунов

ПРИКАЗ № 60

по Кольскому филиалу им. С.М. Кирова Академии Наук СССР

Апатитовая гора, 6 мая 1952 г.

Об организации в составе Кольского филиала Геологического института

§ 1

Во исполнение распоряжения Совета Министров СССР № 23506-р от 8/XII-1951 г. и распоряжения Президиума Академии Наук СССР № 2327 от 22/XII-1951 г. организовать в составе Кольского филиала Геологический институт на базе секторов геологии и петрографии, минералогии и геохимии, химико-технологической и химико-аналитической лабораторий.

§ 2

В целях обеспечения комплексных исследований по полезным ископаемым Кольского полуострова передать в состав Геологического института группу экономики.

§ 3

Во исполнение постановления Президиума филиала от 18 апреля 1952 г. обязать и.о. директора Геологического института к.г.-м.н. Е.К. Козлова принять институт по акту в присутствии учёного секретаря Президиума филиала Г.И. Горбунова.

§ 4

Для составления акта о состоянии выполнения тематического плана, плана внедрения и плана изданий на 1952 г., состояния научной отчётности, материально-технической базы и наличия штата в секторах и лабораториях Геологического института на день его организации создать комиссию в составе: Е.К. Козлов – и.о. директора Геологического института – председатель комиссии, И.В. Гинзбург – мл. научный сотрудник, И.В. Бельков – и.о. зав. сектором минералогии, А.М. Иванов – мл. научный сотрудник.

п/п Зам. председателя Президиума КолФАН СССР
д.г.-м.н. А.В. Сидоренко

Учёный секретарь Президиума
к.г.-м.н. Г.И. Горбунов

ПРЕЗИДИУМ АКАДЕМИИ НАУК СОЮЗА ССР

Постановление № 579

г. Москва, 17 октября 1952 г.

О заведующем Отделом геологии и петрографии Геологического института Кольского филиала АН СССР (Представление Бюро Совета филиалов)

Президиум Академии наук СССР постановляет: утвердить к.г.-м.н. Козлова Евгения Константиновича заведующим Отделом геологии и петрографии Геологического института Кольского филиала АН СССР.

п/п Президент Академии наук СССР
академик А.Н. Несмеянов

Главный учёный секретарь
Президиума Академии наук СССР
академик А.В. Топчиев

№ 1605 – 13 экз.
13/X-52 г.

ПРЕЗИДИУМ АКАДЕМИИ НАУК СОЮЗА ССР

Постановление № 309

г. Москва, 12 июня 1953 г.

О директоре Геологического института Кольского филиала АН СССР (Представление Совета филиалов)

Президиум Академии наук СССР постановляет: утвердить к.г.-м.н. Козлова Евгения Константиновича директором Геологического института Кольского филиала АН СССР.

п/п Президент Академии наук СССР
академик А.Н. Несмеянов

Главный учёный секретарь
Президиума Академии наук СССР
академик А.В. Топчиев

№ 1126 – 4 экз.
12/VI-53 г.

ПЕРВАЯ ПОЛЯРНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ ПО ВОПРОСАМ КОМПЛЕКСНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ХИБИНСКОЙ АПАТИТО-НЕФЕЛИНОВОЙ ПОРОДЫ

9 апреля 1932 г. Хибиногорск. Утреннее заседание.

Акад. А.Е. Ферсман:

Разрешите открыть занятия 1-й Полярной конференции научно-исследовательских институтов, 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 полуострова 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 новых строек в условиях полярной тундры. <…>

Акад. А.Е. Ферсман:

Академия наук ведёт свои исследования над Хибинским сырьём в самых различных направлениях. В своем сегодняшнем докладе я остановлюсь только на одной теме, которой Геохимический институт Академии наук посвятил особенно много работ и которая связана с проблемой использования нефелина. Особенное внимание уделено этому минералу потому, что огромные запасы его в Хибинском массиве, а также значительное количество сырья, которое будет получаться в виде хвостов с апатитовых обогатительных фабрик, обеспечивает самые крупные масштабы его использования, какие только будут возможны, исходя из других лимитов, каковыми на севере явятся, очевидно, лимиты энергетические.

Вместе с тем изучение нефелина показало, что его ценные свойства позволяют ожидать применения его в самых разнообразных направлениях и что этим путём он представится нам как сырьё исключительной ценности, не только как заменитель того или иного дефицитного сырья, но и как вещество, вносящее совершенно новые принципы и новые методы в технологический процесс.

Совершенно ясно, что полезное действие заключается в использовании его в 7-ми теоретически возможных направлениях, с одной стороны как такового в целом, т.е. в соответствии с теми тремя составными частями, из которых он сложён: щёлочи, глинозёма и кремнезёма, с другой стороны, в использовании по одиночке этих его составных веществ, во-вторых, в соединении их попарно и, в-третьих, в сочетании, исходя из 7-и возможных комбинаций. В настоящее время выясняется, что его использование может идти в 23 направлениях, краткому изложению которых и будет посвящён мой доклад. Я должен, однако, сразу же подчеркнуть, что, конечно, не все эти пути окажутся экономически рентабельными, что многие из них будут носить лишь временный характер в связи с дефицитностью того или иного вида сырья и что задачей в настоящее время является из этих 23 процессов взять те два-три ведущих, которые определят главное применение нефелина в промышленности и по отношению к которым и будет прорабатываться как технология, так и методика обогащения. Но если, выбирая сейчас те два-три объекта, мы как бы суживаем объём его использования, то тем не менее, мы считаем необходимым продолжать и усиливать нашу работу в самых разнообразных направлениях, так как на каждом шагу убеждаемся, что при детальном анализе различных технологических процессов неожиданно выявляются такие новые пути и новые отрасли, в которых нефелин сможет действительно занять исключительное место.

Я разберу 23 пути по трём отдельным группам. Первая, где по преимуществу используется кремнезём, вторая – где используется глинозём (окись алюминия), и третья – где по преимуществу используются щёлочи и вся совокупность элементов, входящих в его состав.

Первая группа довольно разнообразна и исторически её применение началось с использования нефелина в кожевенной промышленности. Я не буду останавливаться на ходе работ по использованию нефелина для дубления кожи. Достаточно сказать, что этим путём уже переработано около 60 тыс. кож, но вместе с тем необходимо отметить, что ни технологически, ни теоретически проблема не может считаться ещё окончательно решённой, что есть целый ряд моментов, которые ухудшают или усложняют это производство, что сам нефелин недостаточен для доведения кожи до необходимых качественных показателей и что только сочетание его с каким-либо другим процессом приведёт к желательным результатам. Во всяком случае, глубокий анализ и ход использования нефелина в кожевенной промышленности очень детально в настоящее время изучены и описаны в 4-м томе «Хибинских апатитов», который подготовляется к печати и специально будет посвящён использованию нефелина в различных отраслях промышленности. Но во всяком случае нефелиновое дубление есть громадный шаг вперёд к замене растительного сырья сырьём более прочным, устойчивым, неорганического происхождения.

Второй путь применения – это промышленность резиновая. В этой области работы только начинают развиваться и только изучаются те пути, по которым пойдёт его применение. Нефелин в этом случае может применяться как таковой, играя роль наполнителя резины, активатором при процессе вулканизации, в качестве катализатора и ускоряющего тот или иной процесс; при этом может применяться не только нефелин как таковой, но, может быть, особое значение приобретёт продукт, который из него получается – силикагель при большом измельчении нефелина до 180 меш. По-видимому, он как таковой играет положительную роль в самой резине, но гораздо большие ожидания мы связываем с применением силикагеля, поскольку этот вопрос прекрасно уже изучен немецкой промышленностью, выдвигающей именно применение силикагеля как лучшего активного наполнителя при процессах вулканизации резины.

Второй большой путь в области использования кремнезёма заключается в применении тех шламов, которые будут получаться при получении окиси алюминия из нефелина по щелочному методу. Этот шлам как таковой мог бы пойти на получение портландцемента, но в этом случае требовался бы новый обжиг в печах цементного типа или же, что наиболее интересно, с некоторым специальным активатором – является прекрасной цементной добавкой, и этим путем блестяще разрешить вопрос использования громаднейших отходов кремневого шлама на алюминиевом заводе, который в настоящее время начинает строиться в Кандалакше.

Большая линия намечается в области применения нефелина в промышленности дерева. Несмотря на большие работы в этом направлении, на ценнейший материал, полученный как в Геохимическом институте, так и в Институте древесины, мы не можем полностью похвастаться этими результатами и вопрос требует ещё дальнейшего изучения, хотя я глубоко убеждён на основании произведённых опытов, что вопрос поставлен и теоретически и практически правильно. В одной части задачи он уже разрешён с большим успехом – это в вопросе борьбы с зелёным грибком, столь вредящим дереву и благодаря которому потери одного Северодоса достигают 1.5 млн. рублей. В этом случае нефелин является превосходным антисептическим средством, устойчивым и весьма дешёвым. Гораздо сложнее пропитка дерева нефелиновым раствором для его минерализации для понижения его воспламеняемости и увеличения его сохранности. По последним опытам мы видим, что температура воспламенения дерева при пропитке его нефелиновым раствором повышается на несколько сот процентов и по своим качественным показателям сам нефелин мог бы быть приравнен в этом отношении к лучшим продуктам, применяемым в технике для этих целей, однако на этом пути ещё есть ряд трудностей: недостаточная концентрированность растворов, необходимость избежать кислотности их, лёгкое свёртывание, не позволяющее вовремя пропитать дерево, трудность проникания раствора в дерево и т.д. и т.д., и тем не менее мы считаем, что основные линии этой проблемы уже решены, и что сейчас нужно лишь углубить технологические испытания в большом масштабе.

Следующий вопрос – это применение кремнезёма в качестве силикагеля, т.е. тех кремнёвых осадков, которые получаются из растворов нефелина после его растворения в разных кислотах. Нет никакого сомнения, что сейчас наши работы направлены на громадную область совершенно исключительного значения, ибо силикагель является не только поглотителем разных газообразных продуктов, не только получается весьма легко и выгодно с прекрасными технологическими показателями, но и может рассматриваться как пермутит, т.е. как такое вещество, которое поглощает из растворов различные примеси, например, ионы кальция и магния, и тем самым является очистителем воды. Блестящая идея Гельда превратить силикагель путем обработки в пермутит открывает перед нашей промышленностью совершенно исключительные перспективы, так как позволяет думать, что мы в этом продукте найдём то дешёвое сырье, которое

будет очищать воды во всем сложном паросиловом хозяйстве нашей страны. Подробно об этом вопросе будет докладывать присутствующий на конференции инж. Гельд.

Следующая область применения нефелина по линии преимущественного использования его кремнезёма заключается в попытке использовать нефелин в дорожном деле, прежде всего для укрепления дорожного полотна, а также для пропитки подвижных сыпучих грунтов по методу Иоста, который получил сейчас широкое распространение и в котором именно нефелин может явиться исключительно выгодным и дешёвым сырьем. Если мы сейчас знаем, что по методу Иоста стоимость закрепления грунта обходится в Германии 90-100 герм. марок за кубометр, то внедрение нефелинового раствора, конечно, экономически окажется значительно более выгодным.

Второй цикл вопросов, связанных с использованием нефелина, относится к глинозёму. На первом месте, не только по этому циклу, но и вообще во всех областях промышленного применения этого минерала стоит, конечно, получение окиси алюминия щелочным методом, который был проработан Геохимическим институтом Академии наук технологически и в окончательной форме выясняется на заводских установках ГИПХа. Сейчас имеются уже совершенно законченные методы для построения крупной алюминиевой промышленности в Кандалакше. При этом выясняется, что, если часть получаемой окиси окажется по своим свойствам и содержанию кремнезёма не отвечающей установленным стандартам, то эта часть легко может пойти в плавку на алундум, т.е. на тот абразивный материал, потребность которого на 1934 г. будет выражаться в 35 тыс. тонн в год. При наличии прекрасной и дешёвой энергии Кандалакшского кольца, использование окиси алюминия в этом направлении напрашивается само собой.

Но наравне с щелочным методом, значение которого для всего Кольского полуострова несомненно, так как он даёт не только глинозём, но и столь нужный там цемент, а также необходимые для термофосфата щёлочи, наравне с этим методом, который должен и при всех условиях будет осуществляться в Кандалакше, Геохимический институт в настоящее время заканчивает работы над другим методом, который должен будет быть поставлен параллельно, и намечает собой другой цикл использования составных частей нашего минерала. Речь идет о предложении Волкова метода разложения нефелина серной кислотой; он сам доложит подробно о своём методе, я хочу только сказать, что в этом направлении открывается совершенно исключительная область применения нашего нефелина и что сейчас мы даже ещё не можем оценить того технического переворота, который вносит этот метод в дело алюминиевой промышленности. Наравне с этим тем же Волковым прорабатываются методы получения из нефелина квасцов и силикагеля, причём это применение идёт по линии той же очистки вод, о которой я говорил выше.

Применение нефелина в текстильной промышленности сейчас уже совершенно очевидно, сейчас мы имеем два направления в технологии: одно в качестве протравы при крашении, заменяя более дорогое и сложное применение сульфата алюминия и, во-вторых, пропитка тканей для целей водоупорности. В обоих направлениях опыты привели к блестящим результатам, и мы стоим перед возможностью внедрения их в промышленность в большом масштабе.

Столь же удачно оказалось применение нефелина и в бумажной промышленности, где по опытам, произведённым на фабрике Володарского в Ленинграде, которая в течение нескольких дней работала исключительно на нефелине, этот продукт может заменить дорогой сульфат алюминия, использовать дешёвые отходящие сернокислые воды того же производства, а кремнезём заменить вводом в раствор жидкого стекла, и здесь, по-видимому, вопрос может считаться окончательно решённым.

Перехожу к последней группе применения, в которой нефелин используется целиком. На первом месте стекольная промышленность, в которой главным образом нефелин используется как замена щёлочи. Нельзя отрицать того, что высокое содержание железа ставит определенный лимит применения нефелина в этом направлении и, таким образом, вряд ли можно говорить об очень широком применении хибинского нефелина в стекольном деле. Более определённое место занимает нефелин, правда, не Хибинский, а Уральский, в области эмалевой промышленности, где чистота этого продукта позволяет применять его из южно-уральских месторождений.

Я не буду дальше перечислять ещё целый ряд направлений, как, например, применение нефелина в ультрамариновой промышленности; частично об этом будут говорить другие докладчики, я хочу здесь подчеркнуть, что уже сейчас выявляется, что то количество в 600-700 тыс. тонн нефелиновых отходов, которые будут получаться из апатитов, будут недостаточны для покрытия всех тех отраслей промышленности, которые будут нуждаться в этом веществе, на помощь в этом отношении, конечно, может придти другое алюминиевое сырьё Хибин, в первую очередь уртит, нефелиновые пески и т.д.

Значение нефелиновой проблемы, однако, не ограничивается этими чисто практическими результатами, она интересна и с теоретической точки зрения, так как она толкнула заснувшую технологическую мысль на новый путь изучения кремнёвых силикатов и заставляет нас сейчас пытаться применить вырабатываемую на нефелине методику и к другим минералам, не считавшимся до сих пор полезными ископаемыми. Я говорю о наших последних работах, в которых мы пытаемся по типу нефелина найти применение для других минералов Кольского полуострова, образующих там грандиозные скопления, именно, об оливине. Оливин представляет из себя магнезиальный силикат с закисью железа, который при разложении кислотами дает такое же кремнёвое стекло, как в нефелине, с тем, однако, различием, что в нём щёлочи заменены магнием. Отсюда и вытекает целый ряд новых путей, которые позволяют и позволят применять оливиновые растворы там, где мешает легко вымываемая щелочь, и который путём соединения с нефелином даст ещё более сложный магнезиальный алюмо-кремнёвый комплекс, нерастворимый и потому весьма устойчивый. Я не буду на нём детально останавливаться, укажу только, что здесь, как и в нефелине, перспективы необычайно широкие и особенно интересны в области цементного и дорожного дела.

Такова вкратце характеристика наших знаний в области применения нефелина в различных отраслях промышленности.

Подробное изложение всей методики, отдельных опытов, результаты заводских и опытно-заводских испытаний войдёт в 4-й том «Хибинских апатитов», где наравне с технологией будет дан экономический анализ в целом. <…>

10 апреля 1932 г. Горная станция Академии наук «Тиетта». Утреннее заседание.

Акад. А.Е. Ферсман:

Разрешите открыть заседание нашей конференции и вместе с тем считать открытой нашу новую станцию, в помещении которой мы с вами сегодня собрались.

Акад. А.Е. Ферсман (1883-1945) в «Тиетте», 1932 г.

6 августа 1921 г. мы впервые пришли сюда, спустились к Малому Вудъявру, в район, который был посещён только в 1889 г. экспедицией Рамзая. Я помню, был прекрасный солнечный день, когда мы впервые попали сюда. Примерно на этом самом месте, где мы сейчас находимся, мы увидели только ряд оле-

ньих троп и старые лопарские вежи. Мы эту вежу сохранили и перенесли на тот берег озера, как раз напротив нашего дома, где она находится и посейчас. Уже тогда возникла мысль о создании опорного пункта на этом месте для исследовательской работы по изучению Хибинских тундр. Но 1923 и 1924 гг. забросили нас дальше в Ловозёрские тундры, мы покинули этот район на несколько лет и только начиная с 1924 г. началась длительная борьба за апатит и за проведение первых кредитов на его исследование, на право изучать его. В этой борьбе прошли годы по 1927 г. В 1927 г., когда стало ясно практическое значение апатитов, несмотря на то, что кредитов нам по-прежнему не отпускалось, я поднял в Академии наук вопрос о необходимости создания исследовательской станции в Хибинах как опорной точки для наших работ. Надо сказать, что предложение моё было принято вообще довольно холодно, и было решено, что эта станция должны быть опорной точкой для летних работ, а на зиму закрываться. Между тем, жизнь развивалась шире и шире. С 1929 г. началось строительство апатитового дела, и в связи с этим идея создания станции делалась всё более реальной. С самого начала для нас было ясно, что эта станция должна быть центром тех многочисленных экспедиций, которые работают в районе Хибинских тундр. Это должна была быть опорная точка для многочисленных экспедиций (до 40), которые имели бы возможность отсюда направлять свои отряды и собираться сюда для обсуждения текущих вопросов. Этот вопрос был поставлен в президиуме Академии наук. Перечисленные задачи заставили нас приступить к строительству, и в 1930 г., два года тому назад, сюда на оленях были перетащены части здания и построен стандартный дом, в котором мы до сих пор помещались. В эти первые годы задача станции заключалась исключительно в том, чтобы обслужить большие летние экспедиционные работы. Но жизнь развивалась, потребности апатитового строительства делались шире и шире, и нам стало ясно, что задача станции в Хибинах заключается не только в том, чтобы быть опорной точкой для летних работ, но и в том, чтобы постепенно врастать в большое строительство, которое идёт в Хибиногорске, и вовлекаться в область применения и использования всего сложного переплёта химических и технологических процессов, которые должны вытекать из свойства природных тел. Поэтому стала постепенно назревать идея создания лаборатории. Сначала эта лаборатория помещалась всего на 2½ кв. метрах в старом доме, но из неё постепенно вырастала идея создания большой лаборатории и постройки большого дома. Наша станция превращалась силой самой жизни из опорной точки для летних экспедиций в более крупную единицу – в стационарное исследовательское учреждение. Так возник проект зданий, сделанный два года тому назад. С весны прошлого года мы могли приступить к началу строительства и надеемся, что к августу этого года мы сможем его окончательно закончить.

Хибинская горная станция «Тиетта», 1932 г.

Этим, в сущности, заканчивается второй этап нашей работы. Первый этап заключался в научном освоении Хибин, а второй – это содействие в техническом освоении и технологическом использовании.

Намечается еще 3-й этап – это огромного значения, как известного рода школы, как культурного учреждения научно-просветительского характера. Это значение мы не должны недооценивать и по следующим причинам: эта станция должна явиться не только центром, в котором могли бы многочисленные рабочие экскурсии получать освещение научных проблем, научных постановок тех или иных задач, которые ставятся – она должна явиться пристанищем для научных исследователей, которые приезжают сюда учиться на хибинском материале, учиться на хибинском строительстве и тем достижениям, которые сделаны, а может быть даже и сделанным ошибкам, чтобы содействовать дальнейшему развитию нашей стройки.

Мы всё более убеждаемся, что именно эта идея является чрезвычайно серьёзной и важной. Мы видим, что за последнее время исключительное внимание обращено на хибинские исследования за границей. В только что вышедшем издании шведской Академии наук мы имеем специальную работу, посвящённую анализу исследовательской работы над Хибинами, где исследования называются классическими и проводится мысль, что по типу наших комплексных исследований надо поставить такие исследования и в других местах, например, в Финляндии, Канаде. На материале, который детально прорабатывается день за днем, год за годом, ибо отдельные участки мы обследуем метр за метром, отдельные минералы изучаем с исключительной детализацией (о чём еще придётся говорить), мы ставим ряд серьёзных проблем, и уже приезжают молодые иностранные силы для того, чтобы убедиться, как в Советском Союзе сочетаются те или иные промышленные задачи и как промышленные задачи вырастают и вместе с этим врастают, срастаются с научно-исследовательской работой.

Вы видите, что в основу нашей станции положены три основных понятия: наука – с одной стороны, техника и знания – с другой, школа – с третьей. Неудивительно, что мы избрали для названия станции лопарское слово, которое как раз передает эти три понятия – школа, наука, знания – «ТИЕТТА».

Несколько слов организационного характера о судьбе и развитии нашей станции в дальнейшем. Мы предполагаем это здание передать, главным образом, Исследовательскому институту, постепенно отсюда переводя жильё в новое помещение, которое предполагаем строить в будущем году или через год. Здесь будет, прежде всего, Центральная научная библиотека, около 10 тысяч томов, в основу которой положена моя библиотека, преимущественно освещающая геологию полярных стран, геологию Норвегии, Швеции, с одной стороны, Канады – с другой, и технологические процессы. По химической технологии мы имеем библиотеку в несколько тысяч томов. Далее будет следовать лаборатория, которая из всего многообразия вопросов будет заниматься двумя вопросами: 1) нефелина и 2) редких элементов, по отношению к которым последнее слово ещё не сказано.

За этот год имеются настолько крупные достижения, что те новые списки редких элементов, которые открываются в этих исследованиях – наших исследованиях и исследованиях американских на нашем материале, указывают, что мы должны подойти с огромным вниманием к тем исключительно важным проблемам, которые открываются в Хибинах, в связи с изучением редких химических элементов. Это – одна сторона вопроса. Мы редкие элементы и их распространение поставим как одну из серьёзных наших лабораторных работ в Хибинах. Вторая задача – это задача нефелина. В.И. Кондриков вчера был совершенно прав, когда сказал, что наша задача заключается в том, чтобы выбрать несколько путей из всех многочисленных, возможных по использованию нефелина, ибо это одно может обеспечить правильное развитие этой задачи. Но когда эта задача технологически будет решена, перед нами будет новое сырьё, которое мы должны приспособить для тех или иных отраслей промышленности, не в той постановке, как сейчас, когда мы спрашиваем, какое сырьё нужно для промышленности, а когда нефелиновая фабрика будет давать определённое сырье, которое нужно будет применить в ряде отраслей промышленности. Эту задачу также надо поставить по отношению к вопросу о кровле апатитового тела. Это одна из больших проблем, имеющая громадное значение для дальнейшего.

Дальше, у нас в доме будет в верхнем этаже отдельная лаборатория физико-химического анализа, геохимическая лаборатория, минералогическая и петрографическая. Таким образом, второй этаж будет заключать соответствующие ячейки исследовательских институтов Академии наук.

3-й этаж отводится для третьей задачи. Нужно во всей широте поставить ряд гидрометеорологических проблем. Пока нами намечена к проведению в жизнь одна идея: одновременная метеорологическая запись здесь подстанции и на вершине Поачвумчорра на 400-метровой высоте. Наблюдения должны производиться одновременно, и на различии записей мы сможем выяснить взаимоотношения метеорологических фактов, которые до сих пор остаются неясными, которые определяют собой как нисходящие, так и

сложные восходящие токи, создающие своеобразные условия местности и характеризующие собой структуру климата Хибин. Эта задача будет выполняться нашей метеорологической станцией.

Таковы наши отдельные задания. Они, конечно, будут расширяться и развиваться. Правда, мы понимаем, что мы не скоро выполним их, но приступить к ним необходимо.

Уже сейчас широкое развитие проблемы Монче-тундры заставляет нас поставить ряд проблем в области сульфидной группы и, очевидно, придётся ещё значительно расширить наши работы и развивать их дальше и дальше.

Таковы те задачи, которые преследует наша станция.

Открывая сегодня собрание нашей конференции, мы надеемся, что «Тиетта» будет и впредь центром большой практической работы, которая здесь уже ведётся, и которая будет проводиться общими силами создаваемого здесь научного учреждения, научно-исследовательского института и практически работающего комбината. Бюро НИСа берёт на себя задачу скорейшего овладения природными богатствами этого края с тем, чтобы положить начало к ещё более крупному и быстрому социалистическому развитию Кольского полуострова.

Разрешите на этом считать нашу станцию открытой, собрание конференции также открытым и перейти к повестке сегодняшнего дня. <…>

Б.М. Куплетский (Петрографический институт Академии наук):

Демонстрируемая на заседании геологическая карта Кольского п-ова сделана на основании сводки Петрографического института Академии наук, она отличается от тех карт, которые были изданы Геолкомом в 1915 г., и вносит значительные детализации в геологическую структуру полуострова.

Я не буду останавливаться на полезных ископаемых, т.к. это будет предметом другого доклада, остановлюсь на чисто геологической структуре развития Кольского полуострова и некоторых выводах, получаемых на основании сопоставления и изучения.

Надо отметить, что грандиозная территория Кольского полуострова остаётся ещё совершенно не изученной. На карте не дана экстраполяция, нанесены только фактические данные, по которым мы имеем маршруты или площадные исследования. Юго-восточная часть Кольского п-ова не была освещена ни одним геологом, западная часть очень интересная, судя по аналогии со строением западной Финляндии, в своей южной части впервые будет освещена маршрутами Ленинградского геолого-разведочного треста, и до сих пор совершенно не освещена зона, лежащая к Северу от Хибинских и Ловозёрских тундр, заслуживающая пристального внимания, о чём я скажу несколько позднее.

Когда мы переходим к изучению геологических объектов на территории Кольского п-ова, прежде всего приходится отметить необычайную близость её строения со строением вообще Фенно-Скандинавского щита, который охватывает Швецию, Норвегию, а также наш Кольский полуостров. Преобладающая на карте розовая краска, указывающая области развития гнейсов, ещё очень мало изучена, и до сих пор мы, по существу, не имеем ни одного анализа для этих пород. В смысле аналитического изучения горных пород Кольского п-ова мы находимся в очень затруднительном положении, за исключением, может быть, только двух пунктов. Этими пунктами являются Хибинские тундры, которые довольно подробно исследованы за последние 10 лет, и район Турьего мыса, который тоже довольно хорошо обследован финскими учеными и после 1917 г. нашими работниками. За последнее время кое-какие материалы начинают накопляться по основным интрузиям Кольского п-ова. Что же касается гранитов, одних из наиболее распространенных пород Кольского п-ова, то мы имеем только один анализ, да и тот опубликован лишь в феврале 1932 г.

Б.М. Куплетский (1894-1964).

Историю Кольского п-ова, конечно, нельзя рассматривать вне зависимости от той тектоники, которая обуславливает создание этого полуострова. Если мы посмотрим как на северный берег, так и на его южный берег, и особенно если мы посмотрим, что Кандалакшская губа имеет естественное продол-

жение в системе озёр, вытянутых в том же направлении (а работы 1931 г. установили здесь присутствие типичных сбросов, которые тянутся в северо-западном направлении), то станет ясным строение полуострова как горста, который был установлен для Кольского п-ва работами Карпинского и Чернышова, что является характерной чертой этого полуострова. Кольский п-ов со всех сторон окружён сбросами, которые оконтуривают не только внешние части, но сказываются и в рельефе внутренних территорий. Может быть, наиболее любопытным фактом является то, что эти сбросы идут в нескольких направлениях. Наиболее выдержанным является северное направление, на карте оно выражается в направлении озёр Имандра, Ловозеро и других, и затем широтные сбросовые трещины, т.е. параллельно которым вытянуты Экостровская и Бабинская Имандры, долины Пурнача и Поноя. Кроме того, характерны взаимно-перпендикулярные сбросы северо-восточного и северо-западного направлений, главным образом, развитые в западной части полуострова. Необычайно любопытно, что, поскольку мы знаем геологическое строение Кольского п-ова, наиболее мощные интрузии горных пород приурочены к тектоническому узлу в районе озера Имандра, где перекрещиваются дислокационные линии различных направлений. Массивы Чуна, Монче и Волчьей тундр лежат в зоне, где хорошо выражены меридиональные сбросы и широтные тектонические линии. Работы по составлению времени интрузий горных пород на Кольском п-ове необычайно трудны, потому что слишком мало фактического материала, но имеющиеся данные дают возможность все-таки наметить некоторые любопытные соотношения и указать, что наиболее древней породой является гнейсовая толща, являющаяся сложной породой из осадочного и первобытно изверженного материала. После этой наиболее древней толщи мы имеем только небольшие остатки очень древней протерозойской толщи; эта свита пород отмечена на карте перекрещивающейся штриховкой; она наиболее ясно выражена на южных и восточных участках Кольского п-ова. К этому же времени, по аналогии с образованиями Олонецкого края, я отношу известняки в верховьях течения реки Варзуги в центральной части полуострова, и сюда же нужно отнести любопытную зону силлиманито-дистеновых сланцев, которые открыты маршрутами профессора Григорьева в восточной части Кольского п-ова. Протерозойская толща, по-видимому, продолжается до западной части Хибинский тундр в районе восточного берега озера Имандра. Наиболее молодыми отложениями осадочного происхождения являются отложения о. Кильдина и Рыбачьего полуострова, которые геологи долгое время рассматривали то как наиболее древние, то считали их наиболее молодыми, но после работ Яковлева и Виттенбурга можно считать совершенно определённо установленным их силурийский возраст. Эти отложения являются наиболее молодыми в истории развития полуострова до четвертичного времени, так как следующими отложениями, образовавшимися после большого перерыва в несколько геологических периодов, являются ледниковые отложения, которые по некоторым соображениям представляют значительный интерес.

Если прослеживать проявление интрузий горных пород на Кольском п-ове, можно выделить несколько этапов таких развитий, которые дальше мы и попытаемся проследить, точнее, наметить. Вся северо-западная часть демонстрируемой карты, где съёмка имеет характер площадной, нанесена по данным съёмки ГГРУ на основании работ проф. Полканова, тогда как геология всей остальной части базируется, главным образом, на работах Академии наук, а с другой стороны на работах Арктического института. Только эти учреждения вели более или менее систематические работы на территории Кольского п-ова, а до этого были исследования лишь береговой полосы, начатые в 1840 г. Ветлтингом, или изолированные маршруты от Кандалакши до Колы. Таким образом, настоящая карта, по существу, является коллективной работой целого ряда работников тех учреждений, на которые я указывал. Ленинградским геологоразведочным трестом систематическая работа в восточной части полуострова начата только в прошлом году, и только с 1930 г. начались работы Геолкома в районе Хибинских тундр.

Возвращаясь теперь к истории вулканизации Кольского п-ова, надо отметить, что древними образованиями являются отложения, закрашенные на карте светло-зелёной краской, которые развиты в районе Кандалакши и затем протягиваются длинной полосой в северную часть Карелии и северо-западную часть Лапландии, где они представлены, может быть, ещё более древними образованиями и закрашенными синей краской.

Это изменённые габбровые породы, превращённые в амфиболиты, в которых мы не имеем до сих пор никаких практически важных месторождений полезных ископаемых.

Вероятность их использования для большой металлургии Ленинграда весьма велика и окончательно определится после работ летом 1932 г.

Следующая интрузия горных пород – это мощная интрузия гранитов, которая прослежена отдельными маршрутами как по всему побережью Мурмана, так выявлена работами 1931 г. и на южном побережье.

Сюда же, вероятно, должна быть отнесена часть Северной Карелии и некоторые отдельные языки в западной части полуострова. Надо сказать, что это точное разграничение красной краски от розовой представляет большие трудности и, может быть, здесь имеются значительные условности. Но по имеющимся данным всё-таки можно отдельные районы выделить. При этом интрузии кислой магмы дают целый ряд разнообразных типов гранитов, начиная от плагиоклазовых, и сменяются микроклиновыми. Наиболее молодыми являются зоны в окрестностях с. Умба и в районе Ара-губы на Мурмане, где мы имеем порфировидные раппакивиобразные граниты, которые напоминают молодые раппакиви Финляндии (работы Седерхольма).

Вот наиболее древние интрузии, с которыми мы имеем дело на Кольском п-ове, и которые, по существу, не приносят полезных ископаемых, которые следовало бы отметить. Исключение составляют магнетитовые сланцы Кольского фиорда, связанные с древней свитой кристаллических сланцев. Можно указать ещё, что иногда с гранитами связаны цинковые и свинцовые руды, которые нам известны в окрестностях Умбы и в окрестностях Рыбачьего полуострова, но которые представляют собой скорее минералогический интерес и серьёзного практического значения по существу не имеют.

Если мы перейдём к отложениям протерозойским, то с ними мы должны связывать, с одной стороны, мощное развитие эффузивных поверхностных пород, а с другой стороны – сюда же, по-видимому, мы должны отнести спилитовые лавы, которые развиты в районе Хибинского массива, оконтуривая его с запада и юго-запада. Опять-таки практического значения эта зона не имеет и представляется очень небольшой. Те надежды, которые возлагались на месторождения известняков в бассейне реки Варзуги, связанные с этими протерозойскими отложениями, они, по-видимому, всё-таки не оправдываются, поскольку сильному изменению известняков, их доломитизации, окварцеванию и благодаря положению в очень трудно доступном районе.

Такие же поверхностные изменения мы имеем в районе Поноя, но возраст их пока ещё не может считаться окончательно установленным, по-видимому, они относятся к более древнему периоду до протерозоя. В центральном районе у озера Имандра находятся те интрузии, которые проходят в более позднее время и которые мы видим в центральной части Кольского п-ова, выраженного жёлтой краской нефелинового сиенита. Оранжевая краска, занимающая свыше 3000 км^2 в восточной части полуострова, отмечает грандиозную область развития щелочных гранитов, которая впервые была нащупана, начиная с 1928 г., но окончательно её нанес Влодавец после своих двух маршрутов, сделанных в центральной части Кольского полуострова. Молодая щелочная интрузия представляет наиболее крупный интерес благодаря тому, что мы знаем приуроченность к ней целого ряда редких элементов – с одной стороны, а с другой стороны и апатитовые месторождения приурочены к этим интрузиям. Если посмотреть на распространение щелочных интрузий на Кольском полуострове, то они начинаются от центральной части Кольского п-ова и протягиваются вдоль оси полуострова в СЗ направлении; на продолжении этой оси в тундре Гремяха мы имеем породы типа уртита, несколько напоминающие Хибинскую тундру. Отдельные изолированные выходы щелочных пород мы знаем на Турьем мысу, где Фёдоров впервые обратил внимание на комбинацию апатита с нефелином и высказал мысль о возможности использования их в сельском хозяйстве. Отдельные выходы щелочных пород вы имеете в районе верховья Харловки и, наконец, между рекой Титовкой и Западной Лицей, где известен массив щелочных гранитов, намеченный Поповым и Полкановым. Имеется ещё целый ряд указаний на месторождения щелочных пород на Кольском п-ове – южная часть Чуна-тундры и т.д. Последними работами эти данные не подтверждаются, ибо никаких щелочных гранитов обнаружено не было, несмотря на тщательные их поиски.

Не менее любопытной является и та молодая интрузия основной магмы, которую мы знаем на целом ряде пунктов. Если мы пойдем с запада к востоку, то встречаем, прежде всего, массив основных руд в районе оз. Вырмес, где Полкановым были отмечены титаномагнетиты.

Переходя к массиву Волчьей, Монче и Чуна-тундр, можно отметить, что здесь более древняя габбровая толща, пользующаяся наибольшим распространением в этом районе, не даёт сульфидных месторождений, они приурочены исключительно к тем молодым интрузиям норитов, которые мы имеем в восточных отрогах Чуна-тундры, Волчьей тундры и которая отдельными жилами пересекает древние интрузии Чуна-тундры. В этом отношении такая приуроченность рудных месторождений к более молодым интрузиям даёт возможность требовать внимательного изучения и остальных молодых интрузий Кольского п-ова, которые нам известны в целом ряде пунктов. В частности, следует проверить те массивы пироксенитов и дунитов, которые были указаны Кассиным и Гутковой в районе Хабозера. Мощные интрузии габбро, диабазов в верховьях Поноя отличаются от интрузий Монче-тундры и требуют ещё дополнительных исследо-

ваний. Сюда же должны быть отнесены интрузии дунитов и пироксенитов, указанные Поповым в районе Сальной тундры. Молодые интрузии основной магмы представляют также большой практически интерес и заслуживают очень внимательного изучения. Наконец, вероятно, ещё более молодого возраста жилы диабазов, которые секут эти молодые интрузии и представителей которых мы знаем в большом числе по Мурманскому побережью. Самое характерное то, что эти выходы габбро-диабазов и диабазов Мурманского побережья приурочены только к самому побережью, тогда как маршруты в более глубоких частях не дают нам выходов этих пород. Первоначально предполагалось, что это просто кажущееся несоответствие благодаря тому, что здесь плохая обнажённость, но последние работы в этом районе Арктического института показывают, что мы здесь имеем только оставшиеся краешки интрузий, т.к. простирание их идёт параллельно сбросовой линии северо-западного направления, и большая часть диабазовой интрузии погружена в море. По-видимому, в третичное время молодые осадки были отделены от всей территории Кольского п-ова.

Вот основная схема строения Кольского п-ова, которая рисуется нам на основании современных данных. Надо сказать, эта картина, конечно, очень неполная, потому что грандиозные области являются совершенно ещё не изученными, хотя первоначальное освещение всех этих районов представляется несомненно очень важным. Я думаю, что не только поиски и разведки должны быть поставлены на Кольском п-ове, как указывал тов. Кондриков, но, прежде всего, должна быть дана предварительная геологическая карта для того, чтобы знать, какие породы мы здесь имеем и куда надо направлять наши поиски и разведки, т.е. чтобы всячески направлять их более или менее осмысленно.

Второй вопрос, который здесь следует поставить – это, конечно, вопрос транспорта, вопрос путей сообщения, ибо мы всё-таки знаем, что как только появляются жилые места, как только начинает распространяться радиус действия вокруг известных точек, усиливается изученность новых районов, дающая уже некоторые новые геологические данные, которые проливают свет и дают целый ряд практических результатов. Таким образом, вопрос о дорожном строительстве в районе Кольского п-ова является необычайно важным и если должен быть поставлен не целиком в этой пятилетке, то всё же частично в эту пятилетку он должен войти и найти своё разрешение.

В заключение опять-таки надо сказать, что даже имеющаяся изученность геологами данного района позволяет уже делать некоторые предварительные выводы относительно направления поисковых и разведочных работ, и некоторые работы, например, миллионная съёмка и усиление вообще геолого-поисковых и специальных геохимических исследований во второй пятилетке должны быть, конечно, поставлены во всей широте и дать полную картину ископаемых богатств Мурманского Севера. <…>

В.И. Влодавец (Арктический институт):

В.И. Влодавец (1893-1993).

Я остановлюсь на вопросе о происхождении Хибинских тундр. Породы Хибинских тундр авторами, описавшими их, рассматриваются, как магматического происхождения. Я выскажу несколько иной взгляд, который, может быть, будет в настоящее время пока ещё немного смел, но предпосылки для него имеются.

Общегеологическая обстановка. Непосредственно к западу нефелиновые породы Хибинских тундр окаймляются метаморфизованными осадочными породами. Далее к западу и на юге находятся обнажения основных пород. К востоку и юго-востоку за Хибинскими и Ловозёрскими тундрами на протяжении более 150 км тянутся обнажения щелочного гранита. Последние занимают огромную площадь, точно ещё не оконтуренную. Эти щелочные граниты по минералогическому составу близки с нефелиновыми породами Хибинских тундр. В щелочном граните находятся: кварц, микроклин, альбит, эгирин, щелочные роговые обманки, энигматит, минералы астрофиллитовой группы, титанит, циркон, апатит, плавиковый шпат и некоторые другие. В нефелиновых породах Хибинских тундр находятся: нефелин, калиево-натриевый полевой шпат, альбит,

эгирин, щелочные роговые обманки, энигматит, минералы астрофиллитовой группы, титанит (сфен), циркон, апатит, плавиковый шпат. Далее в них находится целый ряд минералов, которых нет в щелочном граните, но большая часть из которых обладает одной особенностью, что в их состав в значительной степени входит кальций. Их таких минералов, которые находятся в породах Хибинских тундр, следует отметить канкринит, пектолит, юкспорит, эвколит, эвдиалит.

Из сопоставления этих минералов видно, с одной стороны, большое минералогическое сходство, а с другой стороны наличие ряда кальциевых минералов в породах Хибинских тундр, которых нет в щелочном граните. Отсюда можно сделать вывод, что, несомненно, существует генетическая связь между нефелиновыми породами Хибинских тундр и щелочными гранитами.

При образовании этих нефелиновых пород принимали участие в большом количестве минерализаторы, которыми богата гранитная магма. Это обстоятельство является также одним из доводов в пользу происхождения нефелиновых пород из щелочного гранита.

Повышенное содержание железа в нефелиновых породах Хибинских тундр объясняется тем обстоятельством, что кольские щелочные граниты содержат в себе столько железа, что если отбросить из гранита излишек кремнекислоты по сравнению с нефелиновым сиенитом и пересчитать остаток анализа гранита на нефелиновый сиенит, то получим содержание железа такое, как в нефелиновом сиените.

Одним из главных моментов в этом общем вопросе – это вопрос о десиликации. Каким образом щелочной гранит потерял свою кремнекислоту и образовались нефелиновые породы. Каким путем – вопрос спорный. Один из способов – сплавление с известняком. Однако месторождений известняка в Хибинах нет. Тем не менее, можно сделать предположение, что он был на месте Хибинских тундр или в глубине их. Вероятно, находится не один только известняк, а целая свита разных пород, в которую внедрился гранит. По литературным данным известно, что в контакте фойяита с известняком обыкновенно образуются ийолиты. Здесь, в Хибинских тундрах, находятся и нефелиновые сиениты, и ийолиты, которые в большей степени, с моей точки зрения, произошли путем ассимиляции, путем воздействия щелочного гранита на свиту пород, которые были здесь раньше, и путем переплавления. Это, конечно, гипотеза. В отношении же известняка, может быть он был на этом месте, а может быть он нацело переплавлен. Последнее, пожалуй, вернее всего.

Такова моя точка зрения на происхождение нефелиновых пород Хибинских тундр, а с ними и на происхождение хибинских апатитовых месторождений. Последние, по-видимому, бывшие фосфоритовые месторождения, которые вместе с известняком переплавились и образовали апатитовые месторождения.

Заканчивая своё сообщение, ещё раз отмечаю несомненную генетическую связь нефелиновых пород Хибинских тундр с кольскими щелочными гранитами. Путь же десиликации этих гранитов является, по имеющимся у нас в настоящее время данным, спорным, но считаю, что высказанная мною гипотеза является более приемлемой. <…>

О.А. Воробьева (Академия наук):

Волчья тундра расположена ещё севернее Монче-тундры. Поэтому совершенно естественно, что она ещё менее доступна, чем Монче-тундра, и неудивительно, что Волчья тундра является одним из тех белых пятен, которых ещё так много на карте Кольского полуострова. Летом 1931 г. в Волчьей тундре работал научно-исследовательский отряд Академии наук. В результате этой работы для Волчьей тундры составлена геологическая карта, которая позволяет нам видеть, что Волчьи тундры в своём геологическом строении являются логическим продолжением на север Мончетундровского комплекса. Так как Монче-тундра была освещена работами Б.М. Куплетского, то я имела возможность более близко познакомиться с её строением и провести глубокую аналогию между нею и Волчьей тундрой. В отношении петрографического строения состав той и другой тундры очень близок. Что же касается всех полезных ископаемых, которые связаны с этим комплексом горных пород, то здесь мы имеем породы габбро-норитового ряда, т.е. комплексы полезных ископаемых, которые в Волчьей тундре отличаются от Монче-тундры. Оруденение Волчьей тундры приурочено к контактам габбро-норитовой интрузии и гнейсов. Это оруденение находится примерно на высоте 350-400 м над уровнем озера Имандра и расположено на восточном склоне Волчьей тундры. Отряду удалось проследить зону оруденения на протяжении 1½ км. Толща мощных ледниковых наносов перекрывает коренные обнажения и только по отдельным пятнам удаётся констатировать присутствие сульфидной зоны южнее на 3 км. Общая зона оруденения имеет протяжённость с севера на юг около 5 км. Ширина зоны оруденения максимум 200 м, в некоторых местах она снижается до 100 м. Зона оруденения

О.А. Воробьёва (1903-1974). На правом снимке – с Н.Н. Гутковой (слева). Хибины, 1929 г.

характеризуется следующими минералами: пентландит (содержание никеля), халькопирит (меди), минералы, содержащие железо – пирротин и пирит.

Нужно сказать, что в противоположность Монче-тундре механический состав рудной части Волчьей тундры характеризуется более повышенным содержанием пентландито-халькопирита, что является плюсом Волчьей тундры, потому что пентландит и халькопирит являются крайне ценной рудой.

Пирит и пирротин находятся в количествах, приуроченных к контакту с гнейсами со стороны норитовых руд, обогащённых халькопиритом и пентландитом.

В Ленинграде при механической характеристике рудных минералов я выбирала нарочито образцы, которые отличались бы средним содержанием и совершенно сознательно не давала в химический анализ образцов с повышенным содержанием сульфида. Результаты химического анализа позволяют говорить в среднем о 0.3 % никеля. А.В. в мое отсутствие дал один из образцов Волчьей тундры для анализа и получил содержание никеля 1.34 %, я таких образцов в анализ совершенно сознательно не давала. Мне нужно было установить нижний предел содержания полезных ископаемых в сульфидах Волчьей тундры, 0.3 % – никеля, около 0.2 % – меди. Что касается общего содержания сульфида в рудной зоне, то большое количество подсчётов под микроскопом даёт колебание от 15 до 2 %, средний процент колеблется от 5-6 %. Максимальные подсчёты, которые мы получили – 15 %, нижние – 2 % – к составу рудной зоны Волчьей тундры. Характер оруденения непостоянный: в руде, обогащённой сульфидами, имеются участки с небольшим содержанием – до 5.0 %. Последние числа августа были счастливыми в работе отряда, мы теряли надежду найти что-либо в районе Волчьей тундры; 27.08. рекогносцировочно прошли её до южного конца и 28.08. в Кумужьих Вараках было обнаружено месторождение магнетита.

Месторождение магнетита в Волчьей тундре является крайне по своему качеству ценным, т.к. эта руда очень близка по химическому составу к рудам Кольского фиорда, к тем рудам, которые уже сейчас признаны рентабельными и на которых в этом году ставятся большие разведочные работы. По своему химическому составу руда Волчьей тундры очень близка и даже по качеству выше руд Кольского фиорда. По содержанию таких вредных примесей как фосфор и сера эти руды примерно одинаковы, содержание фосфора примерно 0.14 %. Что касается содержания серы, то в рудах Кольского фиорда она дает 0.1 %, а в рудах Волчьей тундры только 0.05 %. На стороне Волчьей тундры то преимущество, что руды эти являются более благодарным объектом, чем руды Кольского фиорда. Железные руды Волчьей тундры – это рудный кварцит, где вы имеете чередующийся прослой чистого кварца и чистого прекрасного магнетита.

Такая руда будет обогащаться значительно легче, чем те руды, которые мы имеем в районе Кольского фиорда, где эта полосчатость не всегда выдерживается и где, помимо магнетита, вы имеете примеси пироксена, амфибола и другие, которые осложняют процесс обогащения этих руд.

Вот, собственно, несколько слов, которые мне хотелось сказать по поводу полезных ископаемых в Волчьей тундре. <…>

А.Н. Лабунцов (Минералогический институт Академии наук):

Изучение Хибинских тундр Академией наук, как известно, началось ещё в 1920 г., т.е. 12 лет тому назад. Петрографическое и минералогическое изучение до 1929 г. велось маршрутно. Совершенно естественно, что при таком маршрутном исследовании весь Хибинский массив не мог быть освещён и изучен с достаточной полнотой. Тем не менее, были выявлены основные черты петрографического строения Хибинских тундр и в 1925 г. была составлена геологическая карта, которой мы пользуемся и сейчас. Были изучены горные породы, их взаимоотношения и смена от периферии к центру. Были изучены минералы Хибинских тундр, среди которых оказалось много редких и новых минералов. С 1929 г., с началом разведки апатитовых месторождений и с началом хозяйственного освоения Хибинских тундр, было приступлено к более детальному их изучению. Кроме работ петрографических и минералогических были начаты также гидрологические, зоологические и ботанические и др. работы. Эти более детальные исследования, понятно, могли охватывать только небольшие площади. Было приступлено к топографической и геологической съёмке, которые охватили, главным образом, южную половину Хибинских тундр. Более детально было выявлено распределение пород, и теперь уже имеются материалы, которые позволяют составить более точную топографическую и геологическую карту южной половины Хибинских тундр. Следует отметить, что составление такой карты до сих пор не осуществлено. Работа эта затянулась и Институт геокарты до сих пор этой карты не выпустил. Конференции необходимо вынести пожелание, чтобы выпуск карты южной половины Хибинской тундры был ускорен, т.к. это очень важно для продолжения работ как по изучению минералогии и геохимии Хибинских тундр, так и для развития поисково-разведочных работ. Минералогическим изучением тоже были охвачены отдельные участки Хибинских тундр, группирующиеся, главным образом, около апатитовых месторождений и около строительства. Была изучена гора Кукисвумчорр, Юкспор, Тахтарвумчорр, район озера Вудъявр и др. Попутно с минералогическим изучением велись поисковые работы и были обнаружены различные полезные ископаемые. На Тахтарвумчорре най-

А.Н. Лабунцов (1884-1963), на фото справа – с акад. А.Е. Ферсманом в «Тиетте», середина 1930-х.

дены небольшие сфеновые месторождения и месторождения молибденита; на Кукисвумчорре – ильменитовые месторождения, которые, однако, не имеют промышленного значения. Недалеко от ущелья Рамзая в осыпях встречены крупные глыбы породы, содержащие до 70 % ильменита. Ввиду отвесных обрывов коренных жил пока не найдено, но поиски необходимо продолжить. Далее, сфеновое месторождение было найдено на Куэльпоре и Часначорре. Последнее месторождение очень интересно, и хотя мы по запасам не можем сравнивать его с тем, которое имеем на Юкспоре, но всё же оно имеет промышленное значение. Эгирино-сфеновая порода этого месторождения содержит приблизительно равные количества сфена и эгирина в сумме 60 %. В самой породе анализ даёт 0.2 содержания окиси ванадия. Этот ванадий находится как в сфене, так и в эгирине (в сфене около 0.3 %, в эгирине – 0.6-7 %). На Куэльпоре в 1931 г. найдено новое крупное месторождение апатито-нефелиновой породы, которая по отдельным выходам прослежена на протяжении 600 м. Последующими работами Института ЦНИГРИ это месторождение протянуто ещё к северу на 1 км. Оно представляет большой интерес, т.к. хорошо укладывается в общую дугу апатитовых месторождений, и мы должны ждать продолжения этой дуги к северу. Партией ЦНИГРИ даже уже найдено продолжение апатито-нефелиновой породы к северу на склоне горы Рисчорр. Дальнейшие поисковые работы должны идти в двух направлениях: 1) к северу, где, по-видимому, продолжение апатитовой дуги будет найдено ещё на Партомчорре и 2) к югу по Кукисвумчорру, где отдельные выходы апатитовых руд уже обнаружены на плато Б.М. Куплетским. Дальнейшие находки апатита на плато Кукисвумчорра позволят замкнуть и соединить Куэльпор с разрабатываемым сейчас Кукисвумчоррским месторождением.

Двигаясь далее к центру, следует отметить находки Академии наук месторождений ловчоррита на горе Юкспор, причем работами 1931 г. зона ловчорритовых месторождений должна быть продолжена к северо-западу и к востоку, т.к. в цирке западнее перевала Лопарского уже найден ловчоррит и ринколит, а на восточном конце Юкспора найден ловчоррит. Несомненно, все эти месторождения принадлежат одной общей петрографической и геохимической дуге, вследствие чего работы здесь должны быть продолжены. Далее к центру от Рисчорра на юг тянется узкая зона пород, обогащённых пирротином, но обогащение, по данным Б.М. Куплетского, незначительное. Не исключена возможность, что в некоторых местах будут найдены большие концентрации пирротина. Интересным является то, что в некоторых местах в этой пирротиновой породе наблюдается обогащение молибденитом.

Далее, к востоку, ещё ближе к центру, имеются отдельные находки, как в осыпях, так и в жилах, новых сульфидов – свинцового блеска и цинковой обманки. Это нас заставляет предполагать, что мы будем иметь новую сульфидную зону этих рудных минералов.

Я не буду останавливаться на ботанических, зоологических и гидрологических работах в Хибинских тундрах, а перейду к другим районам, в которых велись работы Академией наук.

К востоку от Хибинских тундр расположен массив Ловозёрских тундр. Он имеет такое же строение, как и Хибинская тундра, и сложен теми же породами. В Ловозёрской тундре было произведено лишь несколько маршрутных исследований, и до сих пор этот район является недостаточно освещённым. В прошлом году в Ловозёрских тундрах в их юго-западной части было поставлено изучение уртитовых пород и обнаружены запасы их в несколько десятков миллионов тонн. Затем в Ловозёрских тундрах нам известны месторождения эвдиалита, циркониевой руды и ряд находок молибденита – во внутренней зоне тундры. В последние годы работы Академии наук были распространены и к западу, в район Монче и Волчьих тундр. Здесь в 1930 г. велись исследования в Чуна-тундре и в восточной части Монче-тундры, где А.Е. Ферсманом были найдены сульфиды, а его магнитометрической партией были обнаружены аномалии в северной части Монче-тундры.

В 1931 г. там работы были продолжены, геологически изучены Монче и Волчьи тундры и найден ряд новых сульфидных и магнетитовых участков.

Вследствие этого в 1932 г. работы разворачиваются в очень большом масштабе, будут начаты разведочные работы, детальная топографическая и геологическая съёмка, направляется большое число поисковых отрядов, трестом строятся базы для работ и пр.

Важность установления промышленной ценности сульфидных месторождений как сернокислотного сырья для Северного химкомбината, так и содержащихся в сульфидах меди и никеля для цветной металлургии, требуют, чтобы к концу 1932 г. были бы получены определённые данные об этих месторождениях.

Эти результаты могут быть получены только при условии, что здесь будут широко развёрнуты геофизические методы разведки. Район Монче-тундры заключает полезные ископаемые, главным образом, в контактных зонах, которые находятся обычно в низинах и скрыты под большими наносами ледниково-

вого происхождения и под болотами. Здесь одними обычными поисковыми работами особенно больших результатов вряд ли удастся достигнуть. Тов. Салье уже докладывал о трудности работ здесь. Поэтому применение электроразведки здесь должно получить очень широкое развитие. Первоначально на электроразведку и магнитометрию было ассигновано 30 тыс. рублей, затем эта сумма была увеличена до 70 тыс. рублей, но я думаю, что и этой суммы тоже будет недостаточно, т.к. метод электроразведки здесь должен быть основой, на которой будут затем развиваться разведочные работы. На ряде примеров сульфидных месторождений за границей, в Норвегии и на Лабрадоре, мы знаем, что в аналогичных условиях сульфидные месторождения были освоены только благодаря электроразведке. Мы не только можем находить те зоны, где залегают эти сульфиды, но также выяснить размеры и большую или меньшую их концентрацию. Найдя такие заведомо богатые участки, мы можем развивать на них глубокое бурение и эксплоатационные работы.

Я хочу высказать даже ещё более смелую мысль о том, что нужно быть более решительными и более смелыми в расширении геофизических методов работ. Мы знаем, что в Хибинских тундрах породы располагаются дугообразно, то же мы имеем и в Монче-тундре, весьма вероятно, что концы габбровых пород Монче-тундры загибаются севернее и южнее Хибинских тундр и потому можно предполагать, что мы можем найти аналогичные сульфидные руды, может быть, где-нибудь около самой железной дороги или станции Апатиты под наносами на небольшой глубине, что в эксплоатационном отношении представляет большие выгоды. Поэтому необходимо кроме электроразведки в Монче-тундре сделать ряд пересечений с севера на юг в районе южнее Хибинских тундр. Точно так же применение магнитометрической съёмки должно дать данные для нахождения больших концентраций магнетита. Мы знаем на примере и многочисленных заграничных работ и на меньших месторождениях, какие прекрасные результаты даёт этот метод. Например, на Урале магнитометрия не только обнаруживала месторождения, но с детальной точностью выявляла все сбросы жил, их разветвления и пр. Этот метод в Монче-тундре может дать большие результаты по магнетитовым месторождениям.

На остальных мелких работах, которые велись Академией наук на Кольском п-ове, я не буду останавливаться, а укажу ещё на работы по диатомиту. Первые находки диатомитов были сделаны у Ловозёрского погоста, вслед за тем с развитием поисковых исследований диатомиты начали находить по всему Кольскому п-ову. Прошлогодней работой был обследован весь район Ловозера, сделано пересечение от Ловозера к западу до линии железной дороги и велись исследования вдоль линии Мурманской железной дороги, в результате чего выявлено несколько десятков крупных месторождений диатомитов. Диатомиты разного качества, но большинство высокого качества с большим содержанием активной кремнекислоты.

В настоящее время, когда выявлены месторождения, расположенные близко к железной дороге, т.е. более удобные в эксплоатационном отношении – разведки сосредотачиваются на этих месторождениях. Некоторые из них уже настолько разведаны, что в этом году могут осваиваться для добычи диатомита.

Из наиболее крупных месторождений следует упомянуть о расположенных в заливе губы Белой, на Нюдозере и у железной дороги у разъездов Пулозеро и Кица.

Вот вкратце главные работы, которые велись Академией наук.

Если обратиться к отдельным полезным ископаемым и к намётке, которую можно сделать для дальнейшего развития разведочных работ, то в отношении апатито-нефелиновых руд необходимо развернуть работы на Расвумчорре и Куэльпоре, а также поисковые работы от Куэльпорского месторождения к Кукисвумчоррскому и на север от Куэльпора для выявления и прослеживания всей главной апатитовой дуги. <…>

В.И. Влодавец (Арктический институт):

В дополнение я хочу прибавить некоторый перечень минералов, могущих иметь промышленное значение, которые мы имеем в восточной части Кольского п-ова.

Альмандин (гранат). Первое месторождение было обнаружено Воробьёвой и Гутковой в районе Тахлинтуайв в 1928 г. В настоящее время, благодаря нашим работам в 1930 и 1931 гг., мы знаем шесть точек, общие запасы в которых весьма ориентировочно равняются 1 млн. тонн. По запасам – первое месторождение в Советском Союзе. Среднее содержание граната в породе (слюдяном сланце) 8-10 %, но встречаются отдельные точки большей концентрации. В некоторых частях месторождения мы встречаем граната до 90 %.

Слюда (мусковит) находится в том же районе к востоку от гранатовых месторождений. В отношении месторождений слюды известны три точки. По моим наблюдениям, кристаллы небольших размеров, а более крупные пористые. Последние могут применяться как мелкая слюда.

Надо сказать, что на основе геологического осмотра по отношению к слюде нельзя сказать о каких бы то ни было запасах; для установления их необходима разведка. Но, в общем, более или менее бесспорно то, что это месторождение имеет промышленное значение.

Третий объект, который, может быть, и явится полезным ископаемым, это месторождения медных руд, борнита и куприта в губе Гоголихе. Эта руда содержит 56 % меди, но вся беда в том, что она обнаружена в протяжении нескольких метров и мощность её составляет 1-3 см. В отношении поисков мы обыкновенно пропагандируем местное население, в результате чего на следующий год в Поное мне рыбак Совкин показал валун руды, найденный им на р. Поное.

Месторождение на губе Гоголиха и валун на р. Поное находятся близ контакта метаморфизованного диабаза с гранитом. Эту контактную зону следовало бы изучить на предмет нахождения медных руд.

Весьма интересно проследить контакт гранита с метаморфизованным диабазом от губы Гоголихи до р. Поноя.

Из других возможных полезных ископаемых, которые можно предполагать, что могут быть обнаружены в промышленном масштабе, следует упомянуть кианит и флюорит. Кианита промышленных скоплений не обнаружено, но кианито-ставролитовые сланцы обнаружены на огромном протяжении. Возможно, что среди них будут обнаружены скопления кианита, имеющие промышленное значение.

Что касается флюорита, то он был обнаружен Гутковой и Воробьёвой в пегматитовых жилах у оз. Кестикъявра в контакте с щелочными гранитами не в промышленном размере. Однако в сланцах в контакте со щелочными гранитами обнаружена маленькая прослойка флюорита мощностью до 0.5 см. Эта жилка тоже, конечно, не промышленного значения, но эти факты указывают на возможность нахождения флюорита в данном районе и в больших масштабах.

В заключение следует упомянуть об амазонском камне, находящемся в пегматитах, приуроченных к контактной зоне щелочного гранита со сланцами. Амазонский камень красивого зелёного тона, и эти месторождения могли бы быть сырьём для ювелирной промышленности. <…>

11 апреля 1932 г. Вечернее заседание. Хибиногорск.

Акад. А.Е. Ферсман:

Мне кажется, что после докладов последних трёх дней мы должны почувствовать, что несколько избалованы, избалованы Хибинами и теми грандиозными цифрами сырья, на котором основано наше производство. Мы избалованы настолько, что сегодня мы довольно серьёзно спорили о том, какое же сырьё из тех, которые имеются, надо взять для нефелинового дела. Это были споры от избытка, ибо при других условиях надо было бы брать то, что есть. Я хотел бы сейчас несколько критически просмотреть всё то, что мы знаем о полезных ископаемых Кольского полуострова, попытаться выяснить, насколько это большие масштабы, к которым мы привыкли, и можно ли приложить их к другим месторождениям полезных ископаемых, и из этого сделать некоторые практические выводы. Мне кажется, что за последние годы накопилось огромное количество материала, огромное количество отдельных точек полезных ископаемых, и необходимо внести некоторый критический анализ, может быть, даже несколько «холодной воды», так как является необходимым внести ясность в обстановку, выявить на сегодняшний день то, что для нас намечается, и этот материал поставить в основу дальнейшего развития нашего дела. Это – с одной стороны. С другой стороны, конечно, необычайно опасным является именно эти современные знания ставить в основу дальнейшего развития пятилетнего перспективного плана, ибо реальная жизнь и знания развиваются особенно бурно и в конце концов они превышают наши планы и, возможно, что мы должны учитывать не только наши знания, сколько те перспективы и те возможности, анализ которых подскажет нам реальные пути.

Поэтому для нас, с одной стороны, подвергая критике наши запасы отдельных точек, является необычайно важным диалектически подойти к другой стороне – посмотреть, как наши знания, наши представления могут еще углубиться дальше, каково будет в будущем познание природных богатств этого края, подобно тому, как мы каждый год на собрании исследовательских партий подводим итоги, мы видим, какие открываются новые перспективы. Мы прошлый год попытались подсчитать авансом те полезные ископаемые, которые были открыты за прошлый год, и увидели грандиозные цифры… Это всё показывает, что мы должны необычайно аналитически подойти к этому вопросу и выявить основные сырьевые точки. На чем же мы должны строить наши перспективные возможности и анализ тех данных, которые мы не всегда ещё имеем, как намечается диалектическое развитие наших знаний и всего процесса изучения этого края и, прежде всего, каков анализ существующих наших данных, анализ фактического материала.

Все это необходимо критически пересмотреть и сделать определённые выводы. Это – первое. Второе – необходим сравнительный анализ нашего района с теми районами, которые построены аналогично, имеют одинаковое геологическое прошлое и уже достаточно изучены, благодаря чему мы имеем, в конце концов, прекрасную школу, на которой можем учиться.

Вот основные положения, на которых я хотел остановиться; по отношению к последнему положению я, прежде всего, должен сказать, что чем больше мы внедряемся в исследования Кольского полуострова, тем более мы видим, что Кольский п-ов необычайно похож на своих соседей. Это сходство проявляется в деталях его геохимического строения и его полезных ископаемых, сходство, которое мы сейчас устанавливаем между Кольским п-вом, с одной стороны, и полярными странами Канады или полярной частью Норвегии, совершенно очевидно. Оно настолько исключительно, что, когда мы недавно в Минералогическом музее получили специально присланную по нашей просьбе коллекцию никеля значительного района в Канаде – Садбери, то оказалось, что ряд образцов был трудно отличим от наших. Это сходство является очень важным моментом для анализа. Это сходство определяется тем, что фактически мы – осколок единой территории, охватывающей Финляндию, Швецию, Норвегию, Гренландию и восточную часть Канады. В сущности, последние работы, которые идут в Канаде, проливают интересный свет на наши работы. Я очень слежу за большими полярными работами, ведущимися в Канаде, и считаю, что они очень напоминают то, что делается у нас. За последние годы там шумит медное месторождение Вобуско типа Монче-тундры. Точно так же о нём идут споры, оно расположено в таких же болотистых низинах, там также та же трудная обстановка, работы там ведутся таким образом, что приходится станки забрасывать на самолётах. Всё это заставляет нас посмотреть и дать сравнительный анализ на фоне сравнительного изучения этих стран. Если мы посмотрим на характерные черты, которые объединяют все эти страны, то увидим, что это, прежде всего, древний кристаллический щит, и та розовая краска, которая здесь на карте постепенно сгущается, представляет момент громадного значения. Эта розовая краска занимает в значительной степени всю Швецию и Канаду, примерно 7000000 кв. км, т.е. территорию в 70 раз большую Кольского полуострова. Эта розовая краска есть основа древнего щита, который прорезан в области Норвегии молодыми каледонскими движениями, которые, протягиваясь на севере, образуют большие каледонские цепи Норвегии, доходящие почти до наших границ, и здесь разветвляются на две части: одна идёт на землю Франца Иосифа, другая оказывается погребённой под северной оконечностью Кольского полуострова.

Только что опубликованная гравитационная карта Союза (северной части) показывает нам, что главный избыток масс, главные массы веществ находятся севернее этого обрыва Мурманского берега, и что, по-видимому, там как раз располагаются те цепи, которые дальше продолжаются к востоку и которые мы также находим в Тиманском кряже. Тиманский кряж есть продолжение той гряды, которая занимает север Мурманского края. Но не эта гряда нас сейчас интересует, поскольку не она определила процессы, идущие на Кольском п-ове. Образование этой гряды вызвало нарушения в щите, заставило его изгибаться в разных направлениях и прорезало его выделением расплавленных масс. Вдоль этой цепи расположены взрывные воронки, которых Брегер насчитывал несколько лет тому назад до 20-ти, а сейчас насчитывают гораздо больше. Это те места, где заключались глубокие газовые скопления и создавалось своеобразие тех образований, о которых я дальше буду говорить, и которые в значительной степени расшифрованы Хибинскими работами – в наших пределах, а также последними работами в северной Англии. Эти разломы в районах, прилегающих к хребтам, есть характерная черта Швеции и Норвегии. Замечательно, что не в самых горных хребтах Норвегии заключаются рудные тела, а в предгорьях. Северная Швеция гораздо богаче, чем соответствующая часть Норвегии. Совершенно так же и у нас не столь богата погруженная в море гряда (которой здесь на карте нет и которая сравнительно бедна в районе Тимана), а для нас интереснее то предгорье, каким является Кольский полуостров – кусочек тех предгорий, которые мы знаем в Швеции и Норвегии.

Попытаемся далее проанализировать по отдельным краскам, нарисованным на карте, и посмотрим, что даёт каждая краска в смысле перспектив полезных ископаемых и каков может быть анализ.

Прежде всего, розовая краска – гнейсовая свита, которой, конечно, принадлежит львиная доля в районе Кольского п-ова. Она уменьшается многими новыми работами и её количество будет ещё меньше, чем нарисовано на этой карте, но все-таки 40-50 % или больше будет занято этой гнейсовой свитой. Эту древнюю свиту прорезают отдельные гранитные интрузии. Эта свита, которую мы прекрасно знаем на южном кристаллическом щите, и знаем хорошо в Канаде и южной Швеции. В ней есть два характерных момента с точки зрения полезных ископаемых – это магнетиты, кварциты и пегматитовые жилы с

полевым шпатом и кварцем, это же характеризует и район Кривого Рога (кварциты) и Курской магнитной аномалии, где те же кварциты, которые наблюдаются здесь, на Кольском полуострове. По карте вы можете видеть, что от Кольского п-ова мы можем провести линию на юг к магнитным аномалиям около Курска. Гравитационные полосы именно и идут в этом направлении, продолжаются к югу через всю поверхность европейской части нашего Союза.

Эти магнетитовые руды прекрасно изучены по целому ряду рудников, в которых разрабатываются эти магнетиты. Мы спорим о тех или иных экономических показателях, которые будут связаны с эксплоатацией магнетитов, но не можем сбросить со счетов освоение руд, которые на карте намечаются в основной первой зоне – в районе около Мурманска, в районе стыка Финляндии, Союза и Норвегии и расходятся дальше веерообразно, продолжаясь в сторону Монче-тундры – с одной стороны, Хибинской тундры – с другой, и в сторону Ловозёрской тундры – с третьей. Далее совершенно ясно, что эти отдельные ветки железистых кварцитов будут ещё резче оконтуриваться, и что они сходны с теми ветвями, которые также мы знаем далеко на юге, и которые носят название Кривого Рога. Следовательно, с этой точки зрения перед нами одна из интереснейших проблем и совершенно правильно то большое внимание, которое ей уделяется, со всеми теми холодными расчётными анализами, которые приходится вкладывать во всякую экономическую проблему. Вместе с тем, необходимо расширить изучение этих полос, из которых есть полоса гораздо западнее Монче-тундры, а восточная уходит и теряется где-то в реках, стекающих в Ледовитый океан.

Второй цикл полезных ископаемых из этой группы – это связанный с пегматитовыми жилами. Эти жилы с богатейшими полевыми шпатами тянутся с юга в виде карельского пояса и подходят к Нотозеру, уходя дальше в Финляндию. Они прекрасно изучены финляндскими работами, на нашей территории они перехвачены работами Геологического комитета в районе Имандры. Это интересный район, который повторяется в других частях розовой краски. В этом цикле мы должны довольно резко отмечать два типа полезных ископаемых для построения той или иной промышленности. Одни будут являться очень важным сырьём для того, чтобы отправить их на те или иные завода нашего Союза, другие же будут сырьём, создающим на месте те или иные отрасли промышленности. Есть целый ряд полезных ископаемых, которые не могут послужить началом и центром создания на данном месте того или иного крупного промышленного производства и основой тех или иных достаточно крупных горно-химических комбинатов. Это различие очень резко сейчас проводится, в особенности в иностранной практике, в частности, в изданиях американского Геологического учреждения предлагается разделять полезные ископаемые на «экспортные» (в смысле внутреннего экспорта) и такие, которые являются внутренней основой, основой для создания внутренней промышленности.

Тут при всем моем уважении и интересе к этим пегматитовым жилам, с которыми связаны своеобразные урановые соединения, и с теми возможностями, которые дают эти жилы в 24-28 м мощностью, мы должны сказать всё-таки, что предпосылок для того, чтобы здесь на месте на этом создать крупную производственную единицу керамического характера, мы не имеем. Для этого я их не буду иметь в виду, так как вряд ли мы найдем какие-либо возможности заменить основной продукт, который нужен в керамике, т.е. каолин. Каолина во всём щите, за исключением мелких месторождений Южной Финляндии, на пространстве 14.5 млн. кв. км мы не имеем, и мы должны сказать, что о керамической промышленности, как мы её понимаем, мы здесь не должны мечтать. Есть способ искусственно получить каолиновый продукт, но тут важно учитывать экономику, т.е. чтобы он был не выше 30-40 руб. за тонну.

Это первые два основных продукта, связанные с розовой краской. Об остальных можно совсем не говорить, ибо они являются сравнительно мелочами в общей розовой краске и вряд ли они представят особый интерес.

Я перехожу к следующей краске, которая представляется необычайно интересной в той расшифровке, которая начинает постепенно вырисовываться на Кольском полуострове. Тут мы имеем совершенно исключительные заслуги некоторых наших работников и работников Арктического института, благодаря работам которых начинает намечаться рельеф лиловой краски. Пока мы имеем отдельные пятна на территории восточной части этой краски. Мы имеем своеобразные изменения осадочной свиты, очень древнего происхождения. Она не такая древняя, как розовая краска, это та осадочная свита, которая ещё сохранила свои собственные серии и если в розовой краске всё изменено и переплавлено, то здесь мы можем найти отдельные неизменные слои, мы можем найти известняки, углекислые минералы и прочее. Вот почему эти осадочные свиты, как бы они не были изменены мощными внедрениями гранитных массивов, для нас очень интересны и на них нам надо обратить самое серьёзное внимание.

Мы пока отмечаем наличие карбонатных пород. Эти карбонатные породы пока захвачены в очень неудачной комбинации, богатой магнием. Но если соединить на карте уже известные точки, то среди промежуточных белых полей ещё очень много, вероятно, будет покрыто лиловой краской с крестиками и в этих породах, наверное, вырисуются гораздо более разнообразные комплексы, чем те, которые были открыты в области восточных частей Кольского полуострова.

Продолжается ли эта краска с крестиками где-либо на востоке, можно ли её ожидать в Заимандровском районе, можем ли мы думать, что тот пояс, который вырисовывается здесь, лиловый пояс с крестиками не продолжается дальше – это вопрос, на который пока ответить нельзя. Перед нами интереснейший объект, на который приходится обратить особое внимание. Пока нас интересуют две группы полезных ископаемых – это те карбонатные породы, которые изучаем в настоящее время и, с другой стороны – породы кислотоупорные и огнеупорные. Я обращаю внимание на характеристику этих полезных ископаемых, которые мы имеем на Кольском п-ове и, в частности, в Северной Карелии, которые являются лучшим материалом для огнеупорного и кислотоупорного строительства. Мы, как правильно указал инж. Влодавец, увлекаемся Киевским материалом (андезит) – строим башенные установки, но забываем, что имеем природные месторождения кварцита и кианитовых пород, которые являются для этого высшей маркой. Район Куккос-озера имеет аналогичные образования тех же лиловых крестиков и для нас очевидно, что на этот вопрос необходимо обратить внимание.

Если заводская практика использования отходов при электровозгонке фосфора будет давать со своей стороны те или иные продукты кислотоупорного характера, а отчасти и огнеупорного, то мы должны учитывать это как один из очень серьёзных элементов для построения тут Химического комбината.

На южных химических заводах – Константиновском или суперфосфатном Воскресенском – мы видим мурманский кварц, но мы здесь имеем не только этот кварц, но и гораздо более ценные материалы для установок, которые так нужны, когда фосфорная кислота будет являться одним из ведущих элементов построения комбината.

Перехожу к другим краскам, которые нас могут интересовать. Это те образования, о которых последнее время забыли говорить и сбросили со счетов в области геологических разведок, но Канада на этот тип месторождений обратила самое серьёзное внимание и добилась за последние годы очень крупных результатов. Я говорю о забытых серебряно-свинцовых рудах Кандалакшского залива. Серебряно-свинцовые руды Кандалакшского и Умбинского районов по своеобразию находящихся в них соединений весьма интересны, содержа и знаменитое самородное серебро.

Такие же руды, такого же типа разбросаны на целом ряде месторождений, главным образом в Швеции, в Норвегии и особенно в Канаде, где была проведена довольно серьёзная большая геологическая работа разведочного характера, которая привела к открытию в прошлом году нового рудника. Весьма значителен по масштабам рудник в Норвегии, дающий тождественные запасы сернистых свинцово-серебряных и цинковых руд. Мы, конечно, не имеем пока той картины распространения этих руд, которая имеется в Канаде, но во всяком случае мы не должны забыть и пересмотреть наши взгляды на этот тип месторождений. Вообще, пересмотр взглядов есть весьма правильная вещь и в жизни, и науке – это очень важно. Жизнь, техника развиваются, изменяются, создают новые подходы, новых людей и новые требования промышленности, с новыми возможностями освоения, при которых вопросы экзотики теряют свою какую-то опасность и заставляют пересматривать целый ряд установок, старые взгляды и т.д. С этой точки зрения мы должны посмотреть и на этот объект.

Краска, которая здесь точно также отсутствует, это поверхностные образования, т.е. торф и диатомиты. То есть, два основных полезных ископаемых. В Канаде они поставлены в список поверхностных образований. Надо отметить, что цифры использования торфа для Канады очень низки, значительно ниже, чем можно было бы ожидать. Они показывают трудность освоения этих процессов и с этим необходимо считаться, несмотря на грандиозные запасы, которые имеются, прекрасно изученные в целом ряде районов, и лежащие значительно южнее, чем те территории, о которых нам придётся говорить.

Очень велики запасы диатомитов. За границей картина диатомитов такая же, примерно, как и у нас. Они были открыты 8 лет тому назад и оказалось, что имеются во всех озёрах под 5-6 м воды, причём основным принципом их добычи является спуск воды. Единственная эксплоатационная возможность, это именно спуск озёр. Озёра нивелируются, даётся большая нивелировочная карта, которая для целого ряда территорий основывается на геологической съёмке. Точнейшие нивелировки говорят, что можно спустить воду, и затем этот район может быть утилизирован для извлечения диатомита. Диатомит остаётся в виде мягкой массы, извлекается экскаваторами. Эти работы положили начало довольно крупной промышлен-

ности термоизоляционных материалов, которая принимает большие размеры и значение в Канаде. Иногда, когда читаешь Канадские отчёты, то просто хочется заменить некоторые географические названия нашими – получится буквально наша картина. Продолжая всё эту же аналогию необычайной глубины, которая заставляет нас с большим вниманием к ней отнестись, я продолжаю анализ этих красок.

Две краски привлекают наше особенное внимание – это жёлтая и жёлто-оранжевая, а также зелёно-синие тона, их окружающие. Прежде всего, надо сказать, что нам знакома эта жёлтая краска, это Хибинские и Ловозёрские тундры с их полезными ископаемыми, которые постепенно начинают осваиваться. Я не думаю, чтобы мы здесь, в Хибинских и Ловозёрских тундрах, получили бы принципиально новую установку в области использования полезных ископаемых, и что здесь будет найдено что-то принципиально новое, которое заставит заново пересматривать группу объектов, которые здесь имеются. Единственная область, в которой мы ещё очень мало сделали, это область редких элементов, область, единственная в мире по концентрации редких элементов в Хибинских тундрах. Неудивительно, что возможный годовой выход ванадия из годовой добычи апатито-нефелиновой породы, содержащийся в этой породе, равен половине всей мировой добычи ванадия. Это показывает, что концентрация редких элементов здесь необычайно интересна и что углублённый анализ может здесь дать много неожиданных и интересных вопросов. Я не буду говорить о таких элементах, которые открыты как редкости, в виде минералогических или геохимических особенностей, например, вольфрам, который ещё, правда, не нашёл своего подтверждения, но на который надо всё же обратить самое серьёзное внимание. Я не буду говорить о молибдене, о мышьяке и висмуте, которые в ничтожных количествах содержатся в апатитовом теле, не буду говорить о серебре, которое сопровождает молибденовые руды, но есть два элемента, это – галлий и бериллий. Содержание галлия определено Гольдшмидтом в размере 0.01 % для уртита, для металлического алюминия это приблизительно 0.06-7 %. Этот галлий является одним из самых интересных химических элементов последнего времени (плавится в руке, обладает ценнейшими свойствами для получения особой аппаратуры, особых установок). Галлий почти всегда находится в алюминиевых рудах, но количество, которое является здесь, для нас исключительно интересно. Мы должны узнать, что же делается дальше с галлием, когда глинозём будет поступать на выкалку. Конечно, в самом алюминии он будет накопляться в количестве, отвечающем его содержанию в руде, т.е. до 0.1 %, это цифра очень высокая, если вспомнить, что самые богатые скопления галлия, которые мы знаем в природе, всего с 0.15 %. Задача в том, нельзя ли найти выгодные условия концентрирования галлия в алюминии. Эта задача исключительно интересна и мы только подходим к ней и ставим её.

Второй элемент, о котором мы ещё гораздо меньше знаем, это бериллий, который нельзя ещё определить как минерал, но как составная часть нефелина, бериллий в настоящее время открыт во всех нефелиновых рудах, к сожалению, мы сейчас не имеем точных аналитических данных, во всех нефелиновых рудах бериллий играет довольно значительную роль и накапливается до 0.2 %, сколько же бериллия в нашем нефелине – мы не знаем, что будет с ним делаться, его влияние на свойство тела по атомному весу 0.1 % равносильно по влиянию 4 или 0.5 всякой другой примеси. Это необычайно интересная задача, которую мы ещё не разрешили, которая в значительной степени может повести к новой оценке всех продуктов, которые мы будем получать в области использования интереснейшего и важнейшего алюминиевого сырья. Вся проблема редких элементов есть одна из самых интересных проблем, а вместе с тем эта проблема позволит нам в дальнейшем постепенно освоить основные законы строения Хибинской тундры и подойти более глубоко к анализу и этим путем подойти к связи Хибин с этой зелёной и синей краской, ибо основные законы строения Хибинской тундры прекрасно выражены в сводной геологической карте, которая является результатом работ начальников партий, работавших последние годы в той или иной части Хибинских тундр. Вы видите эту дугу, которая представляет только часть общей большой подковы Хибинской тундры. Эта подкова выражается точно так же в распределении не только горных город, но и химических элементов. Идея подковы сразу получила здесь широчайшее освещение в работах шведских исследователей. Эти исследователи рассматривают эти образования совместно с теми полувулканами, которым не удалось подняться на земную поверхность. Механизм этих процессов является необычайно интересным. В зависимости от характера внутренних движений и давления можно предсказать направление трещин и разломов, которые будут в отдельных частях этой зональной системы. Эта зональная система захватывает не только выходы данной породы, не только эту жёлтую краску, а всю огромную территорию вокруг неё, те концентрические разломы, которые являются в местах наиболее слабого упора. Эти концентрические разломы идут по линии Имандры, по направлению к Умбозеру и напоминают собой внутренние рифы, расположенные двумя дугами. В сущности, как будто бы намечается, что эти линии разломов продолжаются

и дальше и вокруг этих разломов идёт какая-то более сложная система, которая сливается в отдельных местах и тем не менее закрашивается всё больше и больше зелёной краской и представляет собой новую последнюю область полезных ископаемых, которая за последнее время привлекает наше особое внимание.

Чтобы понять эти полезные породы, с которыми связано у нас так много надежд и к которым надо отнестись с глубочайшим анализом и критикой, надо было бы рядом повесить финляндскую карту. Там мы увидели бы громадную зелёную дугу, которая тянулась бы в этом направлении (карта). Она загибается в другую сторону, образуя латинскую букву S и загибается в район Нюдайвенча и в районе Хибинской тундры. Эта дуга обратила на себя серьёзное внимание в работах Вегмана и привела к работам многочисленных партий. В составе этой дуги мы имеем некоторые породы, характеризующие находимые у нас, но там все-таки имеются оливиновые прослойки и пирротиновые руды на контактах. В результате электромагнитной съемки, которая была проведена в течение 1926 и 1927 гг., там в настоящее время уже заложено два рудника, которые работают по добыче сульфидных руд.

Эта полоса, в сущности, представляет для нас сейчас наибольший интерес и те привлекающие нас комплексы Монче-тундры, которые характеризуются выделением сульфидных руд, также привлекают наше огромное внимание. Чтобы проанализировать этот вопрос, мы должны прежде всего сравнить этот комплекс с тем, что мы знаем в этом отношении в соседних странах. Я имею в виду вопрос о сульфидных рудах, которые прекрасно изучены в Норвегии и Канаде. Тип их не подлежит никакому сомнению и здесь не нужно никаких глубочайших теоретических работ, никаких фантазий об их образовании, это один из наилучших типов рудных месторождений, на котором основаны 40 никелевых рудников в Скандинавии. Правда, эти рудники небольшие и из них сейчас сохранилось только три, но это представляло собой большую промышленность по добыче колчедана, на котором Ленинград работал в довоенное время. Эта зона образования связана с сернистым сочетанием, причём она то более богата медью, то никелем, то лишена и того и другого, то эти металлы связаны с контактами этих пород, то отнесены дальше. Это расплавы, выделившиеся при охлаждении этих массивов. Некоторые правила есть совершенно определённые, на основе которых можно вести поисковые и разведочные работы. Первое правило в отношении Канады заключается в том, что нет руды там, где нет изверженных пород. Там руда исключительно имеется в изверженных породах, как правило, которое говорит, что нет никелево-медной руды, где нет извержения пород, но колчеданная руда всегда находится на некотором расстоянии. Мы имеем целый ряд рудников, которые работают по добыче колчедана и используют его на месте и получают сернистый газ и серу. Самое крупное производство серы поставлено на севере Норвегии. Мы имеем первые наметки необычайно интересного геологического процесса. Процесса, который, однако, является очень сложным и который далеко не так легко и быстро мы узнаем, как, может быть, нам этого хотелось бы. Огромный массив типа Садбери, который дает 86 % мировой добычи никеля, по протяжению занимает около 280 км, однако, промышленных руд найдено всего на 12 км, и чтобы найти эти 12 км по подсчетам, которые дает Беренсон в работах 1927 г., было пройдено около 18 тысяч скважин, из которых в среднем каждая около 300 метров. Вы видите масштаб, который пришлось приложить в необычайно лёгком и открытом районе, гораздо более лёгком, чем Монче-тундра, для того, чтобы на протяжении 240 км поисков выявить процент концентрации. И совершенно правильно сегодня в Мончетундровской комиссии этот вопрос был заострён. Найти эту точку, поймать этот пояс, где имеются главные запасы сульфида – представляется одной из серьёзнейших задач. Я думаю, что в области сульфидов мы подошли к одной из самых интересных проблем, имеющихся в настоящее время в Союзе. На севере несомненно находится массив типа Садбери и типа Бушвельдского.

Существует правило, что чем полнее массив выделяет оливиновые породы – тем больше сульфидных скоплений. И мы предполагаем, что в Монче и Волчьей тундрах, совершенно очевидно, что именно здесь в этих синих и зелёных пятнах, приходящих из Финляндии, мы имеем ещё целый ряд отдельных месторождений.

Данные Полканова показывают, что никель был найден в зелёных точках, расположенных на севере. Мы с громадным интересом следим за этими зелёными точками, которые как мышки разбросаны среди тундры или тайги, ибо только там можно наблюдать эти руды и загадочным является громадное зелёное поле, может быть, несколько другого типа, но той же тёмной краской закрашенное Б.М., как и зелёная полоса. Мы имеем целый ряд богатейших наведений сложных и больших, как и те наведения, которые давал в 60-70-х годах район Садбери. Если мы посмотрим на большие районы аналогичных пород, то увидим, что все они более или менее одинаковы. Это громадные кольцеобразные массивы, проткнутые полувулканами, как, например, Пиленсберг и Секукуниланд в Южной Африке, где имеется месторождение апатита, примерно, на 12 млн. тонн. Здесь имеется некоторая аналогия, но это не есть ещё повод, чтобы что-то

определённо решать. Это является наведением, руководящей линией, на основании которой надо что-то думать и искать.

Мы считаем, что среди всех тех красок, которые имеются в этой таблице, только две краски дают реальные основания для создания на месте крупной реальной промышленности, а именно, краски жёлтая и зелёная. Мы думаем, что остальные, постепенно развиваясь, создадут слюдяную промышленность, железорудную промышленность, которая даст, может быть, железную руду для Ленинграда. Здесь можно ожидать создание целого ряда керамических производств, полевой шпат, который будет вывозиться и на экспорт, и для внутренних нужд, и т.д. Все это будут создавать горные предприятия, которые дадут начало хорошей крупной горной промышленности, ценнейший материал, может быть, даже для всего Союза, подобно тому, как Мурманский полевой шпат характеризует высшие сорта полевого шпата и стал даже нарицательным словом.

Но те производства, которые должны лечь в основу не отдельных горных предприятий, а того нового типа комбинированных производств, тех производств, которые строятся на необычайно тонком и сложном технологическом переплетении отдельных полезных ископаемых, эти производства могут быть основаны только на двух красках – на жёлтой и зелёной. Это основные процессы, построенные на сочетании некоторых определенных элементов. Так, для Хибин мы имеем комплекс: фосфор, алюминий, щёлочи и кремнезём, которые составляют его характерные черты. Затем мы имеем редкие элементы. Для Монче-тундры мы имеем следующий комплекс: сера, железо и, отчасти, медь и никель.

Но если в отношении Хибин мы уже спорим о том, какое сырьё лучше применять, где мы можем размахнуться уже на громадный масштаб и спокойно строить (это – редкое счастье того хозяйственника, который может спокойно строить, не заботясь о запасах), то далеко не так это обстоит в большинстве горных районов, т.к. не везде мы можем базироваться на 40-миллионных и 20-миллионных запасах и ставить различные производства, не ограниченные никакими цифрами. Мы пока ещё не имеем ясности, и должны это особенно подчеркнуть, по отношению к Монче-тундре. Здесь мы имеем определённый прогноз, известное предсказание, рабочую гипотезу, на фоне которой мы и ведём работы. Но мы ещё не имеем совершенно определенных данных и должны добиться конкретного ответа на ряд вопросов уже в этом году. Под этим углом зрения должны быть поставлены все работы этого года. Этот год должен в решительной форме дать ответ на вопрос о том, есть ли это крупная база, есть ли это то, что я жду, в чём я глубоко убежден, но ведь одного такого убеждения ещё недостаточно, и нам надо доказать реальность сернокислотной базы в этом районе, ибо она будет базой для целого ряда производств. Эта серная кислота будет давать в худшем случае 20-30 тыс. тонн моногидрата, будет базой для всего силикагеля. Это будет осторожная цифра 20-40 тыс. тонн, но мы должны иметь серную кислоту здесь в больших количествах для процесса по обработке сфена серной кислотой. Возможны ли большие цифры, многие сотни тысяч тонн? Я жду цифр десятков тысяч тонн, т.е. скорее в сторону никелево-медного комплекса. Во всяком случае, это дело дальнейших крупных исследовательских работ и из этих двух элементов вырисовывается основная химическая база – горно-химическая база, новая комбинированная база химических производств, и как отдельное звено в этой базе является звено электрометаллургии. Я не хочу заострять этого вопроса, мы не занимались этим вопросом, но, вероятно, он войдет в сферу непосредственных требований самого Комбината. Но без электрометаллургии, без металлургических процессов, прежде всего, феррованадия и ферротитана и др. – это все вопросы, которые должны быть поставлены на очередь. Вопросы создания металлургии должны быть поставлены в следующей пятилетке, ибо только тогда будет создана металлургическая основа для целого ряда металлургических производств.

Вот каковы основные характерные черты, которые мы пока сейчас имеем на Кольском п-ове.

Было бы глубочайшей ошибкой думать, что можно развивать хозяйство при своих внутренних ресурсах, избегая дальних перевозок, было бы крупной ошибкой думать, что можно строить большое предприятие, замкнувшись в какие-то «китайские стены». С этой точки зрения мы должны втягивать целый ряд крупнейших тяготеющих к нам районов. Таким районом, прежде всего, является Северная Карелия. Я хотел бы обратить внимание на одну область Северной Карелии, которая начинает привлекать внимание – Куккос-озеро и район Виски-вара, который напоминает Кольский п-ов, и где были открыты сульфидные руды. Мы должны выявлять ещё шире возможности, таящиеся на севере. Без увязки этих взаимоотношений, без комбинированного хозяйства Кольского полуострова, комбинированной хозяйственной деятельности района полярного севера мы не построим крупного и комбинированного производства. Я укажу, прежде всего, на 3 из них: прежде всего – уголь Печорский; дальше – сульфидные руды, цинковые концентраты, моногидрат, известковое хозяйство; гипсовое хозяйство как интересная основа для больших химических производств.

Вот таким образом, комбинируя эти отдельные процессы, комбинируя те возможности, которые нам рисуются сейчас на Кольском п-ове, окажется возможным строить те взаимоотношения, которые имеются, но когда мы говорим о том, в каком же положении находится исследованность этих объектов в данное время, то мы всё-таки должны сказать, что она необычайно мала, что перед нами стоит задача большой трудности, чтобы действительно эти запасы дать, сделать реальными те отдельные указания и намёки, о которых мы сейчас говорим. Для этого нужно громадное напряжение. Я даже скажу, что нужно не только и не всегда вложение средств, а напряжение, правильная организационная схема, правильное вовлечение научных и общественных сил во всю эту работу. Только таким образом можно будет охватить целый ряд проблем и уже к осени этого года дать ответ на поставленные вопросы и подвести здесь твёрдую базу под те основные массивы, на которых надо строить новое производство. Я считаю, что сейчас в порядке пятилетнего плана, по-моему, картина полезных ископаемых выкристаллизовалась совершенно определённо. О запасах для пятилетки мы можем спокойно говорить. Мы можем спокойно говорить об источнике полезных ископаемых в Хибинах, о фосфорной кислоте и всех её производных, об алюминиевых процессах с их производными, спокойно можем говорить о плеяде редких элементов, отдельные места которых, правда, ещё неясны, о сульфидной базе, которая должна лечь в основу комбинированного производства в будущем году. Все остальные, вероятно, будут только производствами горного характера и будут развиваться как объекты горного промысла, будут являться подспорьем, и дадут основу для усиления нашей Ленинградской промышленности.

Вот, в сущности, те выводы, которые мы можем и должны сделать в настоящее время.

Я указывал, что мы с большим вниманием следим также за тем, что делается в этой области в Канаде. Пример Канады показывает, как там за последние годы развивались отдельные данные о полезных ископаемых. Там за последние годы был открыт ряд медных месторождений, никелевых и сульфидных, причем это открытие шло необычайно быстро, особенно в некоторых отдельных районах, например, в районе Гудзонова залива. В ряде очень трудных районов сульфидные руды были открыты путём наблюдений с самолета, подобно тому, как в Монче-тундре мы увидели бурое пятно на возвышенности Нюдуайвенча. Открытие было произведено одинаковым методом, как в Канаде, так и у нас. Но надо сказать, что на разведку и изучение месторождений там бросаются колоссальные технические силы и оборудование; так, в районе Вобуско работает 100-200 станков, которые разбуривают громадную территорию и, таким образом, район подвергается детальному научному исследованию. Техническая мысль и физические методы там всегда идут впереди перед геологической работой. Мы должны вести настоящее проспекторство, мы должны этим заняться. Мы должны также заняться там поисковыми работами, которые найдут новые точки. Многие наши месторождения были открыты потому, что мы случайно ткнулись в ту или иную точку, случайно заметили её с другой вершины. Мы должны поставить исследование каждого метра шаг за шагом, чтобы постепенно выявить распределение полезных ископаемых. Известные общие идеи у нас есть, по ним надо вести эти поисковые работы.

Конференция должна со всей определённостью высказаться за то, чтобы работы были поставлены так, чтобы к осени этого года мы получили основную характеристику зелёного комплекса, чтобы для него была ясная перспектива, были ясны характерные моменты и тогда мы могли бы спокойно развивать дальше дело.

Вот то, с чем я хотел вас познакомить, но вместе с тем я хотел сказать, что те белые пятна, которые имеются на этой карте, они показывают нам, как ещё много нужно очень детальных исследований в самых разнообразных районах, как в сущности нужно брать самые различные части этих районов, гряда Хибинских тундр кругом находится в белом пятне, на север от Хибинских тундр мы ничего не знаем, смотрите, насколько это всё белое пятно. Мы не знаем, какова территория, которая лежит на протяжении щитового пояса к этим рудам. Возможности будут необычайно широки. Нужна упорная работа для того, чтобы всё привести в ясность, чтобы в конце концов ещё углубить то основное ядро, которое тогда будет уже довольно ясным. Мы ждём новых Хибин в районе Кольского полуострова, с теми же запасами полезных ископаемых, как для фосфора в апатитовых месторождениях, которые единственные в мире. <…>

12 апреля 1932 г. Вечернее заседание. Кандалакша.

Акад. А.Е. Ферсман:

Разрешите подвести мне, как председателю Бюро НИСа Наркомтяжа, некоторые итоги тем трём дням, в течение которых мы довольно интенсивно работали в Хибиногорске и последний день на Нивастрое и в Кандалакше.

Мы довольно дружно обсуждали общие вопросы вместе с нашими заполярными друзьями, с более северными соседями из Мурманска и южными соседями из Карельской республики. Мы вместе с ними подходили к вопросам освоения основных больших природных богатств, которые связаны с Хибинским массивом, с одной стороны, и с Монче-тундрой, с другой. Мы приехали сюда, чтобы здесь закончить ряд наших обсуждений и подойти к целому ряду основных выводов. Мы должны сказать и, думаю, что все вы вынесли впечатление, что то грандиозное строительство, которое здесь создаётся, это не только предположение или мечта какого-либо энтузиаста, но что это – сама реальность сегодняшнего дня. Это реальное завоевание социалистически строящегося Севера. Мы вместе с вами со всей уверенностью должны констатировать, что те различные мнения, которые, как будто бы, разделяли нас, когда мы ехали сюда, малопомалу, под силой давления фактов, благодаря фактическому материалу, приводят нас к одним общим выводам и решениям. Мы совершенно сознательно можем говорить, что конференция считает, что та точка, где проектируется Северный химический комбинат, выбрана правильно, именно здесь, в Кандалакше. Мы прекрасно понимаем, что охватывающий во всей широте и глубине лозунг Ленина – вопрос о внутренних ресурсах, мы не можем не связывать с данным районом, а потому мы должны правильно поставить эту проблему и связать наше комбинированное хозяйство здесь с хозяйством Вайгача, который нам даст цинковый концентрат, который намечается во второй части комбината; мы должны будем связаться с Полярным Уралом, где мы намечаем уже сейчас наши работы. Мы должны также в своей работе связаться с Архангельском, с Южной Карелией, с целым рядом несомненных источников природных богатств. Вместе с тем, весьма важным в этой связи является не только понятие о тех точках, о которых мы говорили, исключительно важным является вопрос освоения и установления реальной связи между этими точками. У меня недостаток, что на всех конференциях, чему бы они не были посвящены (текстильная промышленность и др.), где мне приходилось выступать, я всегда выступаю на эту темы, на тему о строительстве дорожном и связи между точками, ибо я считаю, что ничего нет важнее в нашей жизни и в жизни страны, как правильное установление тех связующих моментов, которые позволяют разрушать целый ряд труднейших моментов нашего строительства. Мы об этом недостаточно ещё говорили. На этой конференции вопросы транспорта, вопросы дорожного строительства совсем не проходили. Я надеюсь, что следующая конференция сможет убедиться, что здесь, на Кольском п-ове, вот эти отдельные точки разного значения и разного порядка (культурно-политические, производственные) свяжутся с сетью дорог, которая является не только транспортной сетью, но и сетью культурной связи, уничтожающей границы, которые так часто создаются сейчас, когда не можешь достаточно быстро пробраться в другие районы. Это основная и важная наша задача. Но мы должны вместе с тем знать, что вопрос решается не только этой задачей дорожного строительства, он решается большим железнодорожным строительством и улучшением наших водных перевозок. Мы должны со всей определённостью сказать, что если железнодорожное строительство не будет поставлено под угол зрения тех больших идей, которые возникают, то мы будем поставлены в значительное затруднение. Мы со всей определенностью выдвигаем идею железной дороги Сорока-Плесецкая, как начало той магистрали, которая установит необходимую нам связь, магистрали, которая пройдёт через район известняков, которая пройдёт через Ленинградскую область. Я со всей определённостью настаиваю на важности этой идеи. Но не только в этом значение того крупного хозяйственного строительства – форпоста социалистической стройки на далеком Севере. Вы слышали блестящий доклад Эйхфельда, посвящённый вопросам земледелия. Вы видели, как его станция, работавшая на 260 рублей в год, стала школой для всего полярного края. Вы слышали, как в конце концов из этой идеи выросла глубочайшая идея, позволяющая освоить строительство сельского хозяйства в районе Енисея и Оби и, несомненно, это строительство и освоение Кольского п-ова является вместе с тем исключительно важной школой, школой методики освоения северных окраин. В чем эта методика? В одном основном принципе – принципе комплексности. Это тот хозяйственный принцип, который является организационным принципом, это тот новый принцип, который подчиняет новые идеи социалистической стройке, комбинируя все хозяйственные силы вместе, он комбинирует отдельные разрозненные производства, сливая и переплетая их так, как они переплетаются на этих диаграммах. Он комбинирует различные хозяйства, различные объединения так, как они будут переплетаться с химической промышленностью комбината, который будет здесь создаваться. Вместе с тем, в этом комбинате должен комбинироваться человеческий материал, комбинироваться мысль различных людей, людей разных типов, разных специальностей, разных подходов, одних – с теоретической мыслью, других – с громадной волей практического строительства

и т.д. Именно в этом комбинировании человеческого материала, в этой комбинации различных людей заключается один из важнейших моментов правильного построения этого Северного комбината. Я считаю, что должно быть не только правильное технологическое комбинирование, но и правильное использование людского персонала. Будет, безусловно, прорыв в комбинате, если одно звено отпадёт, если наладившиеся отношения, которые являются необычайно важными в этом комбинировании, почему-либо нарушатся. Думаю, что наша задача, задача НИСа заключается в том, чтобы следить за важнейшими факторами строительства, за связью объединяемых людей, следить за тем, чтобы в этой цепи не было разрыва, ибо если разрыв наступит – кончено, процесса нет. Среди всех задач, которые вы должны поручить нам, должна быть забота о том, чтобы эта связь осталась, чтобы мы все дружно работали и встречались в различных частях комбината, но чтобы мы комбинировали людскую мысль и сочетали это с общей дружной работой.

Я думаю, что вы уйдете отсюда не только с хорошим впечатлением от поездки, но я надеюсь, что вы получите книжку, в которой будут отпечатаны все те доклады с фотографиями, которые были здесь заслушаны, и эта книга останется для вас реальной памятью о том, что здесь говорилось. Но не только это будет смычкой нас с этим районом, пусть дальнейшая теснейшая работа будет питать энтузиазм работников Севера и будет содействовать плодотворному строительству здесь большого социалистического дела.

Книга, о которой говорил акад. А.Е. Ферсман и о которой в последнем пункте резолюции записано «XVI. Считать необходимым издать труды конференции. В финансировании издания просить участие на равных началах трест «Апатит» и комитет по химизации при Госплане СССР» – эта книга издана совсем недавно [I Полярная конференция по вопросам комплексного использования Хибинской апатито-нефелиновой породы. 9-12 апреля 1932 г. – Апатиты: Изд-во КНЦ РАН, 2009. – 324 с.]. В настоящей публикации мной исправлены очевидные опечатки в написании минералов, географических названий и фамилий; пунктуация приведена к действующим нормам. Вместе с тем, сохранены все неровности разговорной речи, отражающие её живой характер и накал дискуссии, имевшей место на этой исторической конференции.

Директор Геологического института КНЦ РАН — Ю.Л. Войтеховский
Председатель Кольского отделения РМО — проф., д.г.-м.н.
Председатель Комиссии по истории РМО

История геологического изучения Кольского региона

ИССЛЕДОВАНИЯ АКАДЕМИИ НАУК НА КОЛЬСКОМ СЕВЕРЕ: ВЗАИМООТНОШЕНИЯ С ВЛАСТЬЮ, 1920-1940 гг. [1]

Петров В.П., Макарова Е.И., Токарев А.Д.

Центр гуманитарных проблем Баренц-региона, Апатиты
petrov@admksc.apatity.ru, makarova@admksc.apatity.ru, noo@admksc.apatity.ru

В 2012 г. Геологический институт КНЦ РАН отметил 60-летие. Его история тесно связана с 80-летней историей Кольского научного центра, ведущего начало от горной станции Академии наук в Хибинах (1930) до крупнейшего центра академической и отраслевой науки в мировом Заполярье в XX-XXI вв. Принято датировать отсчёт советской истории освоения Хибин с легендарной поездки на Мурман академиков во главе с первым советским президентом Академии наук акад. А.П. Карпинским в 1920 г. с целью изучения Мурманской железной дороги и возможностей её использования для нужд региона. Эта поездка действительно стала прологом освоения Мурманского края, а также создания первого академического учреждения стационарного типа на Кольском Севере, ориентированного на комплексное изучение его ресурсов. Но история вряд ли будет полной без освещения взаимоотношений власти и науки, сложившихся с первых дней существования Советского государства.

Академия наук Российской империи, учрежденная императорским указом 28 января 1724 г. и организованная в 1825 г., с самого начала формировалась как обособленная корпорация крупных учёных, которая финансировалась государством без жёсткого контроля за её деятельностью. Достаточно сказать, что деятельность Академии регламентировалась уставом, принятым в 1836 г. и действовавшим до 1927 г. В 1917 г. после февральской революции, получив наименование Российской академии наук и право на автономию, и первого избранного в истории Академии президента – акад. А.П. Карпинского, Академия наук после Октябрьской революции 1917 г. некоторое время придерживалась тактики «выжидания» во взаимоотношениях с новым правительством советского государства. При этом часть академиков занимала оппозиционную к правительству позицию – нельзя забывать, что Академия наук была и оставалась в этот период обособленной корпорацией. Важно отметить, что государство в лице её руководителя – председателя Совнаркома В.И. Ленина требовала от представителей власти «бережного отношения к Академии и создания таких условий, при которых коллектив старейшего научного учреждения мог бы без резкой ломки, постепенно, но прочно войти в русло советского строительства» [1]. По прямому поручению В.И. Ленина в течение нескольких месяцев шли непростые переговоры между представителями правительства и руководства Академии наук.

Поворотным событием в отношениях государства и Академии наук стало постановление Общего собрания учёных Академии, принятое 20 февраля 1918 г., которое нацелило «на прочное сотрудничество с государством рабочих и крестьян» и «приобщение учёных к работе по заданиям советского правительства».

«Академия всегда готова, по требованию жизни и государства, приняться за посильную научную и теоретическую разработку отдельных задач, выдвигаемых нуждами государственного строительства, являясь при этом организующим и привлекающим учёных силы страны центром» [2]. В этой формулировке отражены, с одной стороны, готовность Академии служить новой власти, а с другой – очевидное признание государством за Академией наук роли главного координатора научных исследований, в том числе и практически ориентированных. Совнарком 12 апреля 1918 г. постановил «признать необходимость финансирования соответствующих работ Академии наук и указать ей, как особенно важную и неотложную задачу, разрешение проблемы правильного распределения в стране промышленности и наиболее рациональное использование её хозяйственных сил» [3]. При Научно-техническом управлении ВСНХ СССР была создана Комиссия по изучению Севера. Для реализации задачи исследования ресурсного потенциала в стране Комиссия по изучению естественных производительных сил (КЕПС) Академии наук (созданная в 1915 г. в условиях первой мировой войны), в апреле 1918 г. разработала «программу исследований в области полезных ископаемых, энергетике, водного и сельского хозяйства, экономики, картографии и статистических работ». Гражданская война лишь отодвинула сроки практической реализации программы, но уже 5 августа 1919 г. Общее собрание Академии наук поручило акад. А.Е. Ферсману подготовить к апрелю 1920 г. программу совещания по проблемам исследования Севера, которое было намечено на май 1920 г. Мероприятие напрямую увязывалось с реализацией правительственного плана ГОЭЛРО, утвержденного в феврале 1920 г.

[1] Заказной доклад.

16 февраля 1920 г. Совет КЕПС образовал Комитет порайонного описания России во главе с акад. А.Е. Ферсманом. В состав Комитета вошли ведущие учёные страны: президент Российского географического общества проф. Ю.М. Шокальский, академики Ф.Ю. Левинсон-Лессинг, С.Ф. Ольденбург, С.Ф. Платонов и др. [4]. Для осуществления широкомасштабной программы научного описания России с целью выявления ресурсов как основы для хозяйственного и культурного строительства, страна была разделена на 22 хозяйственных района; описание каждого района по «экологическим и естественно-историческим признакам» опиралось на 17 пунктов: 1) орография и геология; 2) климат; 3) вода; 4) полезные ископаемые; 5) почва; 6) флора; 7) растениеводство и лесное хозяйство; 8) животноводство и промыслы; 9) земельный быт; 10) горнозаводская промышленность; 11) обрабатывающая промышленность; 12) торговля; 13) пути сообщения; 14) человек с историко-колонизационной точки зрения; 15) человек с этнографической и антропологической точек зрения; 16) человек со статистической и демографической точек зрения; 17) общий обзор населения и его хозяйства.

4 марта 1920 г. Комиссия по изучению Севера при Научно-техническом управлении ВСНХ СССР переименована в Северную научно-промысловую экспедицию (ныне ААНИИ), в её состав вошли крупнейшие учёные и исследователи Арктики под руководством Р.Л. Самойловича. 16-24 мая 1920 г. в Петрограде в здании Географического общества под председательством акад. А.П. Карпинского состоялось Совещание по проблемам Севера. С этого момента Академия наук взяла на себя роль координатора исследовательской деятельности на Севере.

В первую очередь внимание Комиссии было нацелено на Кольский Север, на что существенно повлияло наличие железнодорожной магистрали и единственного незамерзающего северного морского порта на Мурмане. В первый год работы Комиссии на Кольский п-ов были посланы ихтиологический отряд П.Ю. Шмидта, геологический отряд П.В. Виттенбурга, почвенно-ботанический отряд Н.И. Прохорова и другие. Именно по программе работ Северной экспедиции при поддержке Академии наук весной 1920 г. на Мурман состоялась историческая для нашего региона поездка комиссии с участием академиков А.П. Карпинского и А.Е. Ферсмана. Так началась эпоха «систематических научных исследований Академии наук на Кольском п-ове», повлекшая организацию Хибинской горной станции (ХИГС). Эта во многом героическая и наполненная научными открытиями история, связанная с научно-организационной деятельностью акад. А.Е. Ферсмана и его сподвижников, широко освещена в книгах, статьях и СМИ. Таким образом, сложился определённый стереотип представлений и образов времени первых Ферсмановских экспедиций и функционирования Горной станции, обусловленных спецификой того времени и личностными факторами. Именно поэтому сегодня необходима ревизия истории создания и развития первых академических учреждений на Кольском Севере. Инструментом исторической реконструкции должен быть многоаспектный и системный подход. Одной из важных составляющих исторической реконструкции рассматриваемого периода является изучение взаимоотношений власти и академической науки, определение их роли в организации научных исследований в таких регионах как Кольский Север в первые десятилетия существования Советского государства.

Решение этой задачи представляется весьма актуальным в наши дни, когда в обществе и на всех уровнях власти дискутируются вопросы о месте и значимости Российской академии наук в жизни общества и государства, При этом всё чаще звучит вопрос – нужна ли она на современном этапе социально-экономического развития страны. Возвращаясь к легенде о «Ферсмановской хибинской эпопее», вспомним, как «поражённый разнообразием образцов минералов на возвышенности Маннепахк в северо-западной части Хибин во время одной из остановок поезда, акад. А.Е. Ферсман при поддержке Северной научно-промысловой экспедиции и Академии наук организовал уже в конце августа того же года и свою первую геолого-минералогическою экспедиционную поездку в Хибины». Сам акад. А.Е. Ферсман, характеризуя «20 нелегких лет своей жизни и работы», писал, что «экспедиции Академии наук (начиная с 1920 г.) начали планомерное изучение центральных частей полуострова, поставив себе основной задачей выявление ископаемых недр… Только после открытия промышленного месторождения апатито-нефелиновой породы в 1926 г. наметились новые перспективы в этом вопросе, и началась систематическая работа по поискам и разведкам полезных ископаемых сначала на территории Хибинского массива, а потом и в прилегающих районах. Основной толчок в этом направлении дали экспедиции Академии наук» [5]. Начатые по инициативе Академии наук СССР систематические геологические и минералого-геохимические исследования на Кольском п-ове были подхвачены рядом производственных и научных организаций страны. По всему Кольскому п-ову был развернут широкий фронт работ по исследованию минерально-сырьевых ресурсов различных районов, приведших к открытию большого числа промышленных месторождений.

Социально-экономическое развитие страны с принципиально новым, не имевшим аналогов в мировой истории государственным устройством, фактическая изоляция страны от мировой экономики ставили перед наукой всё более сложные задачи, их решение требовало мероприятий по модернизации Академии наук, деятельность которой всё ещё регламентировалась уставом 1836 г. В ответ на требования нового времени в Академии наук в 1927 г. был принят новый устав, который определил основные задачи её деятельности следующим образом:

– развивать и совершенствовать научные дисциплины, входящие в круг её ведения, обогащая их новыми открытиями и методами исследования;

– изучать естественные производительные силы страны и содействовать их использованию;

– приспособлять научные теории и результаты опытов и наблюдений к практическому применению в промышленности и культурно-экономическом развитии СССР.

Важным и принципиально новым моментом в уставе 1927 г. стало то, что в организационную деятельность Академии наук был введён принцип планирования. При этом планы деятельности АН СССР согласно уставу должны были утверждаться Советом народных комиссаров СССР после их согласования с правительствами союзных республик. Государство возложило на науку архимедов рычаг, который обеспечивал управление структурой экономики страны для превращения её в мощную индустриальную державу. Повышение роли науки в этом процессе предопределило необходимость развития её инфраструктуры в направлении улучшения финансового и материального обеспечения и качественного изменения кадрового состава.

Для примера: если в 1918 г. в России было всего 22 научно-исследовательских института, то в 1933 г. их стало уже 658, а численность научных работников возросла с 2095 до 49745 человек, в том числе 1393 сотрудника Академии наук; если к 1917 г. Российская академия наук включала 13 учреждений: один институт, 5 лабораторий, 5 музеев, 2 обсерватории, а также 13 научных станций, то уже через десять лет утверждённая Совнаркомом СССР 13 марта 1928 г. структура Академии наук включала 8 институтов, 7 музеев (в т.ч. Пушкинский дом), 12 комиссий, 3 лаборатории, Библиотеку, Архив, Издательство. Число действительных членов Академии увеличилось до 85 человек (при численности в 1918 г. – 45 человек). В рассматриваемый период в Академии наук была внедрена практика широких демократических выборов.

В марте 1926 г. СНК СССР принял предложения АН СССР, изначально сформулированные академиками Ф.Ю. Левинсон-Лессингом и П.П. Сушкиным, об учреждении института практикантов как формы подготовки молодых научных кадров. В 1929 г., после решения ноябрьского пленума ЦК ВКП (б), поставившего задачу «улучшить качественно и расширить количественно подготовку научно-исследовательских и педагогических кадров», Академия наук создала аспирантуру. Основным направлением деятельности Академии наук в удаленных от центра районах СССР, как было рассмотрено выше, на начальном этапе были только экспедиции. Их вклад в экономический и культурный подъём неосвоенных регионов, включая союзные республики, рождавшиеся в это время в СССР, очевиден на примере Кольского п-ова. В то же время жизнь показывала, что одной экспедиционной деятельностью задачи социалистического строительства и подъёма экономики не решить. В итоге Июльский 1928 г. пленум ЦК ВКП (б) принял постановление «об организации в кратчайшие сроки учреждений Академии наук на местах».

На Общем собрании АН СССР 30 октября 1930 г., заслушав доклад акад. А.Е Ферсмана об итогах экспедиционной деятельности, было признано, что «замена экспедиционных исследований стационарными научными учреждениями, связанными с Академией наук, стала насущной необходимостью» [6]. Идея организации «опорной точки» исследовательских работ Академии наук на Кольском п-ове родилась у акад. А.Е. Ферсмана ещё в первых геологических экспедициях в Хибины. Да и вся история создания ХИГС непосредственно связана с геологами – от докладной записки акад. А.Е. Ферсмана в Президиум АН СССР в марте 1929 г. о необходимости организации в Хибинах научной станции и заседания осенью 1929 г. организационного Совета будущей станции с председателем акад. А.Е. Ферсманом и учёным секретарем А.Н. Лабунцовым до сборки 15 апреля 1930 г. привезённого на двухстах оленях стандартного дома при помощи треста «Апатит» в долину Малого Вудьявра в предгорье Хибин на место, выбранное геологом Д.И. Щербаковым. Открытие «Тиетты» состоялось 19-20 июля 1930 г. (рис. 1). В нём участвовали: от Академии наук – А.А. Григорьев, Г.Д. Рихтер, Б.М. Куплетский, Н.Н. Гуткова, С.С. Ганешин, Э.М. Бонштедт, А.Н. Лабунцов, В.Ю. Фридолин, Е.В. Цинзерлинг, Е.Е. Костылева, от Геолкома – В.П. Яхонтов, от Института по изучению Севера – В.И. Влодавец, от НИУ – М.П. Фивег. Юридический статус был утверждён Общим собранием АН СССР 2 октября и Постановлением ЦИК СССР 19 октября 1930 г.

10 апреля 1932 г. в новом прекрасном двухэтажном здании, соединившим в единый комплекс научные лаборатории, рабочие кабинеты, научную библиотеку, минералогический музей и просторный холл,

Рис. 1. Открытие временного здания Хибинской горной станции «Тиетта» 19-20 июля 1930 г.

Рис. 2. Участники I Полярной конференции НИС НКТП. Хибинская горная станция АН СССР, 10 апреля 1932 г.

состоялось заседание I Полярной конференции (рис. 2). Организованная НИС НКТП под председательством акад. А.Е. Ферсмана и В.И. Кондрикова (9-12 апреля 1930 г., г. Хибиногорск, ХИГС АН СССР, г. Кандалакша), она стала важнейшим стратегическим событием социально-экономической и культурной истории Кольского Севера. 9 сентября 1932 г. Президиумом Академии утверждено Положение о Полярно-альпийском ботаническом саде (ПАБС), согласно которому созданный по инициативе Н.А. Аврорина ещё в 1931 г. Ботанический сад «является составной частью Горной станции АН СССР в Хибинах в административном и финансовом отношениях». Таким образом, Ботанический сад стал первым официально признанным структурным подразделением Горной станции. С этого момента «Тиетта» стала комплексным

научным учреждением, в котором, наряду с доминировавшими минералого-геохимическими исследованиями, стали развиваться и почвенно-биологические исследования по различным научным направлениям.

Из этого, далеко не полного описания мероприятий и приведённой нами хроники событий организации научной работы на Кольском Севере, начиная с предыстории «Тиетты» и включая первые годы её работы, можно с уверенностью обозначить рассматриваемый период как динамично развивающийся процесс гармоничного взаимодействия государственной и региональной власти и науки с преобладающим участием государства в укреплении научного потенциала страны, в том числе в окраинных регионах как Кольский Север. «Тиетта» служила пристанищем для геологических и других экспедиций, местом научных дискуссий по результатам исследований и выработки направлений их развития.

Начав свою деятельность со штатом из пяти сотрудников: директора – акад. А.Е. Ферсмана, заведующей – научного сотрудника Е.П. Кесслер, учёного секретаря – научного сотрудника О.А. Воробьёвой, двух вспомогательных работников при «вахтовой» работе остальных сотрудников, «Тиетта» вскоре приобрела статус самостоятельного научного учреждения, когда постановлением президиума АН СССР от 10 июня 1934 г. была преобразована в Кольскую базу Академии наук. В этот период существенно расширился круг задач, поставленных перед кольской наукой, и повысилась ответственность Базы за их решение. Это, в свою очередь, потребовало развития инфраструктуры, улучшения материально-технического и финансового обеспечения проводимых работ и укрепления кадрового состава. Начиная с 1934 г., в структуре Кольской базы организованы Геологический, Экономический, Климатологический и Зоологический отделы, а при них – Биохимическая и Почвенная лаборатории. На Базу приглашены не только ведущие специалисты, но и укреплён руководящий состав – заместителем директора Базы назначен И.Д. Чернобаев (рис. 3). Уже на 1 января 1935 г. База имела 15 руководящих и научных работников, а на 1 декабря 1935 г. их число возросло до 27 человек, не включая 7 экспедиционных работников.

Зарекомендовав себя за короткий период как авторитетное научное учреждение в системе АН СССР, Кольская база придерживалась своих приоритетных направлений, развивая остро необходимые промышленности геологические и минералогические исследования. Вскоре при Базе был создан Геолого-геохимический отдел, который включил Геологический сектор, Геохимическую лабораторию и Водную группу. Начало химической лаборатории положила С.Г. Цейтлин, которая ещё в 1930 г. оборудовала минилабораторию в первом двухмодульном стандартном доме Станции. В 1932 г. руководство Геохимической лабораторией взяла на себя И.Д. Борнеман-Старынкевич, приехавшая в Хибины с двумя детьми в 1932 г. и положившая почин «оседлости» обитателей «Тиетты». В течение четырёх лет со своими соратницами Т.А. Буровой, В.С. Быковой, М.Е. Владимировой и М.И. Волковой она успешно организовала геохимические исследования. После отъезда в Москву, она оставалась научным консультантом Базы в довоенный и послевоенный периоды. В 1936-1954 гг. лабораторию возглавлял Б.Н. Мелентьев.

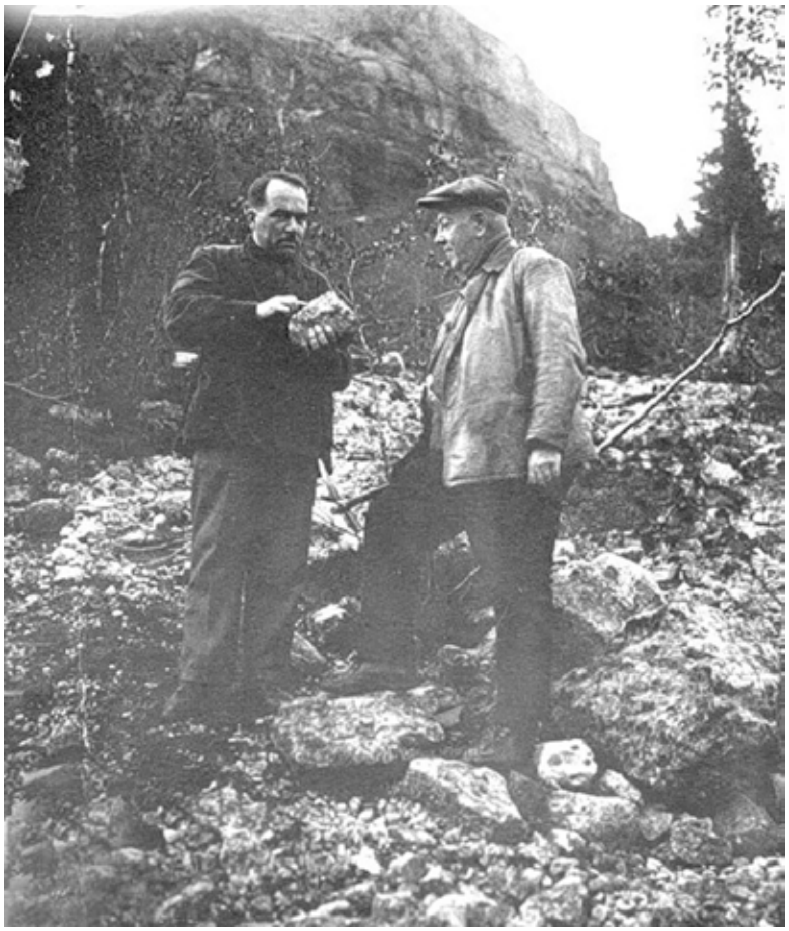


Рис. 3. Руководители Кольской Базы АН СССР – председатель акад. А.Е. Ферсман и зам. директора И.Д. Чернобаев.

При Кольской базе был организован первый Минералогический музей, созданный в составе Геолого-геохимического отдела на основе материалов полевых геологических экспедиций и коллекции акад. А.Е. Ферсмана. Руководителем музея в 1936-1938 гг. был инженер-геолог В.Х. Дараган, пришедший на Базу вместе с молодыми специалистами: географом С.Л. Луцким, климатологом А.П. Павловым, зав. канцелярией К.Е. Дараган. К этому времени более чем в два раза увеличился общий бюджет Базы.

В 1936 г. на должность заведующего Геолого-геохимическим отделом был приглашён А.Н. Лабунцов, осуществлявший руководство сектором по совместительству с основной работой в Ломоносовском институте геохимии, кристаллографии и минералогии АН СССР (ЛИГЕМ). Он тщательно и скрупулёзно разработал план исследований с опорой на «согласованную кооперацию работ с головными институтами, производственными организациями и Мурманским окрисполкомом». Подробно сформулировав направления основной деятельности и выдвинув первоочередные задачи, А.Н. Лабунцов не только вынес их на обсуждение расширенного учёного совета при Базе, но и направил письмо в адрес Комитета по руководству филиалами и базами Академии наук СССР и лично акад. А.Е. Ферсману с материалами по тематике Отдела. В письме излагались задачи, направления и план исследований, опиравшийся на «согласованную кооперацию работ с головными институтами, производственными организациями и Мурманским окрисполкомом». Залогом успешной работы Отдела А.Н. Лабунцов считал кадровое и материально-техническое обеспечение, подкреплённое обоснованным ассигнованием проводимых исследований. Всё свидетельствовало о том, что Кольская база АН СССР получила «новое дыхание» и перспективы для развития, существенно улучшились условия жизни и работы сотрудников Базы. Показательно иллюстрирует этот факт распорядок дня, принятый на Базе (рис. 4).

ПРОТОКОЛ ЗАСЕДАНИЯ
Президиума Кольской базы Академии наук СССР
12 ноября 1936 года

Присутствовали:
тт. Чернобаев, Оранжереева, Цмаляков, Яковлев, Быкова,
Аврорин, Козьмин, Хольмянский, Бурова

Председатель – тов. Чернобаев
Секретарь – тов. Оранжереева

5. СЛУШАЛИ:
Установить следующий порядок рабочего дня:
Утренний завтрак
с 9 1/2 до 10 часов утра.
Рабочий день
с 10 ч. до 2-х и с 4-х до 6 ч. вечера.
С 2-х до 4-х перерыв на обед. Время с 7 часов вечера отвести на культурно-массовую работу.

Рис. 4. Выписка из протокола заседания Президиума КБ АН СССР от 12 ноября 1936 г.

Нельзя не отметить характерную для этого времени хорошо налаженную тесную взаимосвязь с градообразующим учреждением региона – трестом «Апатит», который с самого начала оказывал большую помощь в строительстве Базы и оснащении её рабочих и жилых помещений в лице первого управляющего В.И. Кондрикова. Тесно сотрудничая с учёными Кольской базы, он активно поддерживал всё новое в проведении научных работ – в области экономических расчётов, геологии, химии. Так, по совету акад. А.Е. Ферсмана В.И. Кондриков поехал в Зап. Европу для ознакомления с работой зарубежных обогатительных фабрик и, впечатлённый высокой механизацией предприятий, сразу сделал заказы на оборудование для треста [7]. Но в 1937 г. управляющий трестом «Апатит» в числе других крупных руководителей региона как «враг народа» попал в число репрессированных и в августе того же года расстрелян [8].

События, происходящие в стране и тресте «Апатит» – аресты «врагов народа», зачистки руководящего состава – не могли не затронуть судьбу Кольской базы, и 1936 г. стал «переломным» во всех отношениях. Именно с него начинается непростой период в жизни Базы, который мы условно обозначили временем «трудных моментов». В работе Базы в этот период стали проявляться:

– конфликтные ситуации, в том числе в руководстве;

– частая смена кадров, вынужденный уход части специалистов-профессионалов;

– срывы сроков выполнения и в отдельных случаях некачественное выполнение научно-исследовательских работ;

– ослабление связей с производством.

Имелись объективные и субъективные факторы, оказавшие существенное влияние на деятельность КБАН в этот период:

– острая внутриполитическая обстановка в стране и в регионе (политические репрессии, кадровые чистки);

– усиление жесткого контроля за деятельностью Базы со стороны советских и партийных региональных органов;

– ослабление руководства Базой со стороны Президиума АН СССР и директора Базы акад. А.Е. Ферсмана;

– изменение кадрового состава Базы – на смену Ферсмановской дворянской «элите» пришло моло-

дое поколение «сталинского отлива». С 1936 г. на Базе не осталось ни одного сотрудника Ферсмановского призыва.

11 февраля 1937 г. постановлением Собрания АН СССР отстраняется от руководства Базы И.Д. Чернобаев «согласно собственному заявлению с 1 марта 1937 г.» [9]. В это время недуг приковал к больничной кровати акад. А.Е. Ферсмана, в его отсутствие исполнение обязанностей руководителя Базы с 25 марта возлагается на и.о. учёного секретаря В.Х. Дарагана [10]. Несмотря на непростую обстановку в регионе, в июле 1937 г. Кольская база успешно принимала участников Северной экскурсии Московского международного геологического конгресса. Были проведены мероприятия по ремонту помещений административного здания Базы и культурно-бытовых построек на территории Базы, а также расположенных неподалеку строений Ботанического сада [11]. База успешно справилась с работами по обслуживанию геологической экскурсии 10-16 июля 1937 г. без акад. А.Е. Ферсмана и его заместителя.

Дальнейшее развитие научных исследований на Базе вызвало обеспокоенности в Комитете по филиалам и базам АН СССР. 26 июля 1937 г. под председательством акад. В.А. Комарова было проведено заседание, где с докладом о деятельности КБ АН выступил и.о. учёного секретаря Базы В.Х. Дараган. По его итогам принят ряд решений:

– «для полнейшего ознакомления с работой Базы, а также для установления совместно с местными окружными организациями дальнейшего направления развития Базы АН командировать на Базу и в г. Мурманск уч. секретаря тов. Колесника и консультанта т. Лидака»;

– «до окончательного принятия плана на третью пятилетку основным направлением деятельности Базы должна быть разработка геолого-геохимических, ботанических, климатологических и зоогеографических проблем;

– по мере накопления научных сил организовать разработку технико-экономических проблем Мурманского края с организацией постоянного отделения Базы в г. Мурманске».

На заседании было также принято решение о выделении средств для капитального ремонта здания Базы и об обеспечении заявки на электропровод и трансформаторы для электрификации Базы [12]. Вслед за этим последовало заседание президиума Мурманского окрисполкома 15 августа 1937 г., где был заслушан отчет В.Х. Дарагана «О положении дел на Кольской Базе АН СССР» и принят ряд решений по определению основных задач на ближайшее время с установкой на «усиление Кольской базы руководящими и научно-квалифицированными проверенными кадрами». Большая часть решений повторила предложенные И.Д. Чернобаевым 30 января 1936 г. и принятые Комитетом по филиалам и базам Академии наук от 26 июля 1937 г. Но впервые было озвучено предложение о переводе Базы в Мурманск «в целях приближения Кольской Базы к руководящим организациям Округа…», а также в этой связи – об обеспечении мер для строительства зданий Базы. Отдельно рассматривается вопрос расширения научно-исследовательской деятельности Ботанического сада Кольской базы, причём впервые обсуждался вопрос о создании Ботанического сада в Мурманске. В заключение перед Базой были поставлены задачи по осуществлению мероприятий, направленных на «промышленное и культурное развитие Мурманского края» [13]. Таким образом, тематика Кольской базы была скорректирована в направлении решения задач развития экономики всего Мурманского округа.

На Кольской базе начинается новый виток деятельности: 20 августа 1937 г. «в целях проведения мероприятий по оздоровлению и укреплению научной работы» на Кольской базе на должность учёного секретаря от Академии наук СССР назначен Т.Т. Барышев [14]. 15 сентября 1937 г. и.о. учёного секретаря Дараган В.Х. передал дела преемнику. В акте передачи, сохранившемся в Научном архиве КНЦ РАН, даётся подробная характеристика состояния дел по финансово-хозяйственному обеспечению, выполнению научно-тематического плана по отделам, изданию научных работ, планированию НИР, кадровому составу. В частности, констатируется, что смета по бюджетному ассигнованию утверждена в размере 300 тыс. руб. взамен заявленных 600 тыс. руб., смета расходов по договорным, спецсредствам и местной дотации не утверждена. Научно-тематический план, утвержденный Академией наук, отсутствует. Указывается на невыполнение части работ по Ботаническому саду, Геолого-геохимическому, Зоогеографическому и Биоценическому отделам [15].

Одновременно Президиум Академии принял ряд мер по укреплению кадров. На 1 января 1938 г. численность КБ АН СССР достигла 47сотрудников (без акад. А.Е. Ферсмана, который проходил по штату Президиума АН СССР). Состав научных работников: 1 академик; доктора наук – отсутствуют; кандидаты наук – 1; старшие научные сотрудники – 9; младшие научные сотрудники – 6. Возрастной состав: до 25 лет – 7 человек; от 28 до 40 лет – 22; от 40 до 50 – 18. Женщин – 16, мужчин – 32. Национальный состав:

русские – 32; украинцы – 6, эстонцы – 5, белорусы – 2. Члены и кандидаты в члены ВКП (б) – 2; члены ВЛКСМ – 2; сочувствующие ВКП (б) – 1 (табл.). Об этом и других мероприятиях акад. А.Е. Ферсман, находившийся на лечении в Кисловодске, получает информацию по переписке. Т.Т. Барышев сообщает ему о пополнении Базы научными кадрами: постановлением Президиума АН от 2 февраля 1938 г. «проведены зав. геохимической лаборатории Крупенио, по апатиту – Завьялов И.Н. Приняты Базой Щербакова Л.А. и послано приглашение рекомендованному Вами Захарову Е.И. Кроме того, укомплектована группа по воде и водному хозяйству. Утверждены кандидатуры Володько И.Ф., Каныгина А.В. – канд. биолог. наук – по гидробиологии, Соустина Н. – по гидрохимии… По хозяйству, несмотря на сильные снежные заносы этого года, затруднения преодолеваются... Ряд совещаний, проведённых с сотрудниками Базы, имел целью организовать научных сотрудников на выполнение утверждённого плана на 1938 г. Утверждение сметы, конкретное распределение обязанностей, проверка выполнения и свежая струя новых квалифицированных научных сотрудников в самом ближайшем времени должны поднять на должную высоту работу Базы. 25 февраля с.г. стоит наш доклад о программе работ 1938 г. на заседании Мурманского Окружкома ВКП (б) с приглашением ряда специалистов из Округа, треста «Апатит» и треста «Североникель». Ставим Вас в известность, что мною освобождён от работы на Базе Тихомиров И.К.». В заключение письма Т.Т. Барышев просит высказать замечания по отчёту 1937 г. и ускорить продвижение сметы на 1938 г. [16].

Таблица. Социальный состав руководящего и научного персонала Кольской базы АН СССР на 30 января 1936 г.

Из рабочих	Из крестьян	Из разночинцев	Дворяне	Дети священиков
Чернобаев И.Д. Дараган В.Х. Палов А.П. Анчукова О.И.	Быкова В.С. Волкова М.И. Быстров С.В. Никитина Л.Я. ……	Аврорин Н.А. Тереховко А.С. Фридолин В.Ю. Дараган К.Е. Коровкин А.А. ……	Борнеман-Старынкевич И.Д. Оранжиреева А.М. Клименко А.В. Миняев Н.А. Шульц Г.Э.	Тихомиров И.К.
4	10	13	5	1

Производственное совещание научных сотрудников Кольской базы, на которое в своём письме акад. А.Е. Ферсману ссылается Т.Т. Барышев, состоялось 17 февраля 1938 г. Был заслушан отчётный доклад Т.Т. Барышева о научной деятельности Базы за 1937 г., где он выступил с анализом выполнения плановых работ и перечислил основные недостатки: «1. База, представляющая Академию Наук на Кольском п-ове, со своими задачами в 1937 г. не справилась. 2. Научное руководство отсутствовало. Ак. А.Е. Ферсман в силу болезни и загруженности фактически не принимал участия в работах Базы. В силу этого в работе царили бессистемность и бесконтрольность. 3. Вопросы, имеющие практическое значение или не разрешались до конца или затягивались: апатит, молибден, вода, снежные обвалы, кормовые травы и т.п.». Затем выступили научные сотрудники: Аврорин, Шульц, Мелентьев, Миняев, Дараган, поддержавшие данную Т.Т. Барышевым оценку деятельности Базы. В частности, в выступлении В.Х. Дарагана был поднят вопрос о неблагополучном положении дел с планами и сметами на 1938 г. и внесено предложение, чтобы Т.Т. Барышев предпринял «все меры для решения этих проблем». В заключительном выступлении Т.Т. Барышев подчеркнул, что «работы этого года стоят по-иному перед нами, чем в прошлом году. Верить, помогать и контролировать – на этом строится и будет продолжаться работа. Отношение к каждому сотруднику должно быть совершенно одинаковое. Те, кто будут делить сотрудников на «новых» и «старых», сделают грязную работёнку. Критика ради критики нам не нужна» [17].

Тем не менее, вскоре последовала череда увольнений «старых» кадров Базы: А.Н. Лабунцова, В.Ю. Фридолина, Г.Э. Шульца (позже восстановленного), И.К. Тихомирова (который перейдёт в трест «Апатит» и всю войну будет работать для фронта, а вернётся в ПАБС Кольской базы уже в послевоенный период). Уволится с Базы из-за разногласий с Т.Т. Барышевым и перейдет в комбинат «Апатит» В.Х. Дараган. Далее с подачи Т.Т. Барышева в региональных органах власти всерьёз обсуждается вопрос о переводе Кольской Базы в Мурманск и развёртывании там полномасштабных строительных работ. 5 марта 1938 г. за подписями секретаря Мурманского ОК ВКП (б) Бабаченко, Председателя Мурманского Окрисполкома Логинова и учёного секретаря Кольской Базы АН СССР Т.Т. Барышева направлено письмо заместителю

Председателя Совнаркома В.Я. Чубарю с ходатайством: «1. Разрешить перевод Кольской Базы Академии Наук в город Мурманск, 2. Ассигнованные средства на капитальное строительство Президиумом Академии наук 400 тыс. руб. разрешить использовать на строительство главного здания и жилого дома в Мурманске и, кроме того, для полного окончания строительства указанных объектов и для переезда Базы из Кировского района в Мурманск в 1938 г. просим Вас отпустить дополнительно 800 тыс. руб.» [18].

О положении дел на Кольской Базе в это время можно узнать из газет. В «Кировском рабочем» от 6 июля 1938 г. зав. Геолого-геохимическим отделом И. Володько в статье «В Кольской базе Академии Наук» описывает работу геохимической лаборатории, исследования в Монче-тундре, выявления запасов торфа, гидрогеологические и географические исследования, изучение методов борьбы со снежными обвалами. Положение дел на Базе продолжает волновать местные и центральные органы власти, о чём свидетельствуют передовицы в «Полярной правде» от 14 сентября и в «Кировском рабочем» от 5 октября 1938 г., посвящённые «недостаткам Кольской базы и её руководства». В органе ВКП (б) – газете «Правда» от 25 ноября 1938 г. выходит критическая статья В. Сапарина «Бездействующая база Академии наук». В ней жестко критикуется «состояние научно-исследовательских работ Кольской базы АН СССР по обеспечению бурно развивающейся промышленности Кольского п-ова». Указано на «недостаточное внимание к изучению торфяных месторождений для решения топливной проблемы, промедление в проведении работы по изучению медно-никелевых руд и отсутствие тематики по изучению лопаритовых руд»; в решении проблем сельского хозяйства – «по изучению почв и кормовой проблемы»; отсутствие заинтересованности к разработке проблем по изучению каменных и снежных обвалов при наличии их в планах 1937 г. Серьёзное обвинение звучит по поводу неэффективного расходования полумиллиона народных средств. Указаны и конкретные виновники – «отсутствие контроля со стороны руководства Базы и Президиума АН СССР», «учёный секретарь базы Барышев, который большую часть времени проводит в командировках, отсутствующий «с марта прошлого года» директор Базы акад. А.Е. Ферсман и, наконец, Президиум АН СССР, оценивающий работу Базы «лишь по оптимистическим отчётам, сочиняемым Барышевым», и потворствующий непроизводительному растрачиванию государственных средств».

Столь серьёзное обвинение вызвало резонанс в руководстве АН СССР. Для проверки на Кольскую базу в декабре 1938 г. была направлена комиссия из семи человек: ботаник проф. Б.Н. Горобков, метеоролог П.И. Колосков, аспирант И.Г. Ченцов и др. В январе 1939 г. комиссией представлен отчёт с приложением материалов проверки в Комитет по филиалам и базам АН СССР. После их изучения Комитет направил в Мурманской обком ВКП (б) свои «Общие выводы комиссии Президиума АН СССР по обследованию Кольской Базы Академии наук». Выводы Комиссии и материалы проверки за сентябрь-декабрь 1938 г. содержат информацию, явно ориентированную на выявление и анализ указанных в «Правде» недостатков. Несмотря на многоаспектность, в целом выводы имеют оправдательную направленность: «…Наибольшие изменения произошли на Кольской Базе в 1938 г., когда она целиком была переведена на госбюджет и когда были четко оформлены составляющие её ныне отделы: геолого-геохимический с гидрологической лабораторией; биологический с ботаническим садом, биохимической, физиологической и почвенной лабораториями; географический…»; «одновременно с реконструкцией Кольской Базы сильно изменилось и направление работ. Отвлечённые, чисто теоретические темы, мало помогавшие промышленности и сельскому хозяйству, к 1939 г. исчезли из её планов и целиком сменились темами, отвечающими запросам местного народного хозяйства. Значительно расширился штат сотрудников, который был очищен от работников, не соответствовавших новому направлению».

Что касается характеристики деятельности руководства Базы, то здесь выводы звучат довольно жестко: «Комиссия отметила, что с 1934 г. директор Базы акад. А.Е. Ферсман устранился от научной деятельности Базы в силу своей болезни и перегруженности, передоверил работу руководству на месте. Им за длительный период своего директорства не создан коллектив работников, который смог бы продолжить начатое им дело в Хибинах. Акад. А.Е. Ферсман не способствовал оздоровлению существующего коллектива и налаживанию его научной работы. Акад. А.Е. Ферсман не достаточно активно участвовал в повороте Базы к нуждам и запросам практики социального строительства… Учёный секретарь Т.Т. Барышев проделал большую работу по оздоровлению и укреплению научной работы путём приглашения новых сотрудников и путём организации плановости в работе в очень сложных условиях. Эту работу он провёл без помощи со стороны управления и допустил ошибки в подходе к старым работникам…». «И.о. заведывающего Биологическим отделом т. Аврорин увлёкся организацией Ботанического сада и отстал от современных требований…», «…Заведывающий геолого-геохимическим отделом т. Володько устранился от руководства всеми работами отдела и, будучи хорошим специалистом по гидрогеологии,

должен быть переведён на работу в качестве зав. вновь организуемого отдела гидрогеологии…». Тем не менее, самый важный момент в «Общих выводах комиссии…» звучит оптимистически: «Подводя итоги, мы можем сказать, что корреспонденция «Правды» правильно осветила положение на Базе за год до настоящего времени. С 1938 г. Кольскую базу уже нельзя назвать бездействующей. Т.о. совершенно ясно намечается перелом в тематике Базы с 1938 г. в смысле приближения её к практике. Это подтверждается утверждением плана III пятилетки её Мурманским Облкомом» [19].

Наконец, более поздняя машинописная копия проекта решения Президиума АН СССР по Кольской базе от января 1939 г. (число не проставлено), сохранившаяся в Архиве РАН, содержит сведения о выводах Комиссии в несколько иной редакции. В отношении акад. А.Е. Ферсмана комиссия отметила, что он «ничего не предпринял для выправления положения и при вскрытии этих недостатков Комиссией внес единственное предложение – о снятии учёного секретаря Т.Т. Барышева и замене его на О.А. Воробьёву». Что касается А.Н. Лабунцова, возглавлявшего до середины 1937 г. Геологический отдел, то он в материалах комиссии характеризуется чрезвычайно жестко: «будучи хорошим наблюдателем, являлся фактически малоквалифицированным геологом, лжеучёным и дал незначительные научные результаты». В этом документе акад. А.Е. Ферсману предписывалось «усилить научное руководство базой», которая «должна быть перенесена из Кировска в Мурманск» по предложению Мурманских областных организаций [20].

Решение о переносе Кольской базы в Мурманск осталось на бумаге, а Кольская база пережила «трудные моменты»… Об этом непростом для кольской науки периоде осталась запись в дневнике акад. В.И. Вернадского от 1 января 1939 г. «…Очень интересный разговор с А.Е. Ферсманом. Он совсем разбит после пережитого. Сердце не выдержало. Он говорит, что никогда не переживал такой передряги. Только там понял, в чём дело. Говорит, что сумел взять себя в руки и не поддался на ловушки. Но стоило это дорого для здоровья. Целая искусно построенная интрига. Интрига велась Кржижановским. Была послана комиссия Президиума (АН СССР) из 5 человек молодёжи, которые Президиуму Академии не были известны. Во главе секретарь парткома (евр[ейская] фам[илия] (пропуск для фамилии. *Публ.*)). Вёл обвинение секретарь (Кольской) базы Б[арышев], о котором раньше я имел отвратительные сведения. А.Е. удалось разбить их наветы. Глава комиссии уехал, не повидав Комарова; то, что Г.М. (Кржижановский) подписал состав (обвинений), выяснилось во время хода заседаний, А.Е. телеграфно предупредил комиссию. Оказалось, что новое управление треста («Апатит») заменило тех людей, которые свалили Хондрикова [Кондрикова], (назначенный) «Академией» в комиссию [представитель] разведки Фивег (хороший геол[ог]) на третий день резко изменил своё отношение и перешёл на сторону А.Е. А.Е. по совету треста отправился обсудить положение прямо в район[ный] ком[итет] (ВКП (б)), который стал на его сторону. По совету РК он выехал в Ленинград, остался в Мурманске, где откровенно и до конца выяснил дело. Всюду новые люди. Старых знакомых А.Е. почти не видно. Б.А. Линденер прекрасно устроился – «Дом техники» и музей в Кировске. Много и хорошо работает. Впечатление А.Е. от роста края и создания огромного дела, не остановленного ежовской работой (говорят, Е[жов] арестован, портреты его снимают)…» [21]. Вот ещё одна сторона влияния власти на взаимоотношения с академической наукой – политическая – глазами выдающегося учёного и современника тех дней.

Кольская база оставалась на прежнем месте и продолжала расширяться, перестраиваясь в заданном направлении. Во исполнение решения комиссии – «усилить научное руководство базой» – на должность зам. директора КБ АН и зав. Геологическим отделом 16 августа 1939 г. был назначен Н.К. Разумовский, геолог-минералог, выпускник Ленинградского горного института, который не задержался на Базе, как и часто сменявшиеся в этот период учёные секретари: после Барышева Т.Т. – Шарапов И.И., Кузминов И.Т., Бахарев В.К. и др. [22]. Вскоре ещё одна проверка выполнения плана 1939 г. по Геолого-геохимическому отделу, предпринятая бригадой АН СССР в составе Б.М. Куплетского и Н.И. Влодавца, показала рост научного персонала: Отдел состоял к этому времени из 15 человек, из которых 12 – химики и лишь 3 – геологи. Тем не менее, было отмечено, что большинство научных сотрудников работает на Базе не более двух лет, а научное руководство подверглось критике, поскольку зав. Геолого-геохимическим отделом Н.К. Разумовский «ввиду частых командировок … в Ленинград и Москву не мог по-настоящему войти в геологическую работу отдела и не обеспечил действительного контроля над работой геохимической лаборатории». Отметив «правильность» общего направления работ отдела, бригада указала на целесообразность проведения организационных мер в направлении годовой, квартальной и индивидуальной отчетности и планирования работ по темам; информирования через СМИ о работах Отдела; обеспечения необходимым оборудованием, а также специалистами и кадрами вспомогательного технического персонала.

«Только коренное исправление этих организационных неполадок на КОБ (Кольской базе) поможет Базе четко и продуктивно выполнить план работ 1940 г.» – такой вывод сделала выездная бригада АН СССР [23].

Эти рекомендации выполнялись Базой под руководством уже обновлённого руководящего состава: зам. директора Терновского Ф.М. и учёного секретаря Хоменко К.В., направленных Академией наук на Кольскую базу в апреле 1940 г. Партийцы с немалым опытом организационной деятельности и высшим образованием, они сумели вывести Кольскую науку на новый уровень научных достижений, которые База успешно продемонстрировала в апреле 1941 г. на выставке лучших работ в Академии наук [24]. Впереди ожидались структурные изменения – преобразование в Полярный филиал с идеей организации в нем первого самостоятельного института на базе Геологического отдела КБ АН. Об этом свидетельствует проект докладной записки на имя заместителя председателя СНК СССР Вышинского А.Я. «О реорганизации Кольской базы в Полярный филиал им. С.М. Кирова АН СССР и об организации Академией наук специальных исследований на Кольском п-ове»: «…Докладывая об этом, Президиум Академии наук просит СНК: 1. реорганизовать с 1 января 1941 г. КБ АН в Полярный филиал в составе: а) Геолого-геохимический институт; б) Почвенно-Ботанический институт с Заполярным Альпийским Ботаническим садом; в) Отдел металлургии и технологии; г) Отдел энергетики; д) Отдел экономики; е) Отдел ихтиологии; ж) Административно-хозяйственная часть» [25]. Осуществлению этих планов помешала Великая Отечественная война, отодвинув их реализацию на два десятилетия.

Обобщение успешных итогов геологических исследований на Кольском п-ове в 1920-1940 гг. получило воплощение в книге акад. А.Е. Ферсмана «Полезные ископаемые Кольского полуострова», удостоенной Сталинской премии за 1942 г. и посвящённой «светлой памяти незабвенного С.М. Кирова», чья «горячая вера в производительные силы Мурмана и творческая инициатива принесли свои обильные плоды» [26] (рис. 5).

Рис. 5. Фрагмент картины худ. В. Федотова «Приезд С.М. Кирова в Хибины в 1930 г.».

Так автор отдал должное «союзу науки и пролетарского государства» в Хибинской эпопее и определил историческую роль взаимодействия власти и науки в освоении Кольского Севера. Весной 1941 г. на заседании Президиума АН СССР был заслушан доклад акад. А.Е. Ферсмана «Об итогах научной работы Кольской базы им. С.М. Кирова АН СССР за 1940 г.». Были отмечены успехи Базы, а «за чёткую организацию научно-исследовательских работ и внедрение их результатов в народное хозяйство Мурманской области» директору КБ АН СССР акад. А.Е. Ферсману была объявлена благодарность [27].

Сегодня эпопея 1920-30-х гг., по праву названная акад. А.Е. Ферсманом героической, приведшая к открытию огромных запасов апатито-нефелиновых руд, ассоциируется прежде всего с историей промышленного освоения Кольского Севера. Но в летопись XX в. она должна быть вписана как результат успешного взаимодействия триады «власть (партийная и государственная) – наука – производство», обеспечившей освоение природных ресурсов страны на Европейском Севере [28].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Комков Г.Д., Левшин Б.В., Семенов Л.К. Академия наук СССР. Краткий очерк истории и деятельности. М.: Наука, 1974. С. 257.
2. Там же. С. 257.
3. Там же. С. 258.
4. АРАН. Ф.132. Оп. 1. Д. 249. Л. 4-об.
5. Ферсман А.Е. Полезные ископаемые Кольского п-ова. М.-Л.: Изд-во АН СССР, 1941. С. 10, 15.
6. Академия наук СССР. М.: Наука, 1974. С. 300.
7. ГОУ ГАМО. Ф. 773. Оп. 1. Д. 8. Л. 158, 172, 224-236.
8. ГОУ ГАМО. Ф. 773. Оп. 1. Д. 1. Л. 276.
9. АРАН. Ф. 188. Оп. 1. Д. 372. Л. 2.
10. НА КНЦ РАН. Ф. 1. Оп. 18. Д. 147. Л. 43.
11. НА КНЦ РАН. Ф. 1. Оп. 6. Д. 57. Л. 63.
12. НА КНЦ РАН. Ф. 1. Оп. 6. Д. 55. Л. 18.
13. НА КНЦ РАН. Ф. 1. Оп. 6. Д. 44. Л. 47-48.
14. АРАН. Ф. 188. Оп. 9. Д. 1. Л. 4-20.
15. НА КНЦ РАН. Ф. 1. Оп. 6. Д. 57. Л. 62-63.
16. Там же. Л. 62-63.
17. Там же. Л. 62-63.
18. НА КНЦ РАН. Ф. 1. Оп. 6. Д. 75. Л. 19.
19. ГОУ ГАМО. Ф. П-112. Оп. 1. Д. 48. Л. 1-51.
20. АРАН. Ф. 188. Оп. 3. Д. 7. Л. 1-51.
21. http://www.srcc.msu.su/uni-persona/site/authors/vernadsky/1939.htm.
22. НА КНЦ РАН. Ф. 1. Оп. 16. Д. 5. Л. 24. Там же. Д. 6. Л. 1.
23. НА КНЦ РАН. Ф. 1. Оп. 6. Д. 98. Л. 6-9.
24. АРАН. Ф. 188. Оп. 2. Д. 2. Л. 1-16.
25. АРАН. Ф. 188. Оп. 1 (31-42). Д. 946. Л. 1-2.
26. Ферсман А.Е. Полезные ископаемые Кольского п-ова. М-Л.: Изд-во АН СССР, 1941.
27. НА КНЦ РАН. Ф. 1. Оп. 6. Д. 110-а. Л. 4-6.
28. Петров В.П. Об авторе и ее работе / А.М. Оранжиреева. Работа Академии наук СССР и социалистическое строительство на Кольском п-ове. 1936. Апатиты: Изд-во КНЦ РАН, 2008. С. 5.

СОТРУДНИЧЕСТВО УЧЁНЫХ КОЛЬСКОГО И КОМИ НАУЧНЫХ ЦЕНТРОВ В 1941-1991 гг.[1]

Самарин А.В.

Коми НЦ УрО РАН, Сыктывкар, alex@presidium.komisc.ru

Сотрудничество Кольского и Коми научных центров имеет длинную историю, берущую начало почти с момента их создания. В этом сообщении рассказано лишь о трёх примерах, носивших междисциплинарный характер за рамками сотрудничества отдельных учёных и институтов. Они ярко и результативно иллюстрируют наши научные связи.

В самом начале Великой Отечественной войны в июле 1941 г. обе Базы были эвакуированы в Сыктывкар. В сентябре того же года Президиум АН СССР объединил их в Базу по изучению Севера. Обе научно-исследовательские базы имели схожую структуру, поэтому объединение прошло по отраслевому

[1] Заказной доклад.

принципу: биологи с биологами, геологи – с геологами. Но при формальном единообразии отделов, работы выполнялись совершенно разные, и эти различия прослеживались в дальнейшей работе Базы. Геологи Кольской базы занимались изучением редких земель, их коллеги из Северной Базы искали нефть и каменный уголь. Биологи Кольского п-ова занимались интродукцией новых культур и витаминным сырьём, специалисты из Архангельска изучали почвы и растительность Северного края.

В 1944 г., когда угроза оккупации Советского Севера была снята, Мурманская область обратилась в Президиум АН СССР с просьбой вернуть назад Кольскую базу. База АН СССР по изучению Севера вновь была разделена на Кольскую Базу АН СССР и Северную базу, которая затем была реорганизована в Базу АН СССР в Коми АССР (впоследствии в Коми филиал АН СССР и Коми НЦ УрО РАН). При реэвакуации учёные Кольской базы забрали всё привезённое оборудование, часть библиотеки, а также научные отчёты и личные дела своих сотрудников.

Геологи Кольской базы вели поиск месторождений гипса, доломита, но прежде всего – железной руды и редких земель. Работали в сложных условиях. Например, в отчёте с.н.с. И.Н. Чиркова о геологических исследованиях на Шантым-Прилукском цинково-свинцовом месторождении говорилось, что они затруднены большой удалённостью месторождения от населенных пунктов и транспортных путей. Учёным приходилось изобретать на месте различные приспособления для того, чтобы продолжать исследования. Например, одной экспедиции пришлось изобретать заменитель бикфордова шнура. Из-за большой удалённости выплавка свинца из руды производилась простым нагревом в чугунном котле [7]. Материалы, привезённые из экспедиций, проходили химические исследования с опозданием до одного года. Причина в том, что академическое учреждение испытывало серьёзные проблемы с поставкой реактивов и приборов. Руководители базы месяцами выбивали в Москве необходимые материалы.

Несмотря на чрезвычайные условия, учёные охватили сетью экспедиций многие районы республики. Были подтверждены и обоснованы многие месторождения железной руды, свинца и др. Некоторые из них имели промышленное значение, но требовали дополнительных геологоразведочных работ [4]. Многие отчёты заканчивались словами о том, что руды перестанут быть мёртвым грузом в недрах Коми АССР, а будут вынуты на поверхность и сыграют, пусть скромную, роль в обороне нашей Родины [7]. На многочисленных заседаниях в обкоме обсуждалась возможность начала добычи железной руды и редкоземельных металлов на территории Коми АССР. Ученые Кольской базы в отчетах активно рассуждали о возможности развития в Коми АССР металлургии. Одним из результатов активности геологов стало решение СНК СССР о восстановлении Кожимского чугунно-плавильного завода [4], хотя проект так и не был реализован.

В целом исследования геологов Кольской базы АН СССР на территории Коми АССР доказали наличие месторождений железной руды и редкоземельных металлов. Многочисленные находки указывали на необходимость детальной и систематической экспедиционной работы. Но в 1944 г. с отъездом учёных Кольской базы эти исследования прекратились. В Коми остались геологи Северной базы из Архангельска, которые занимались поисками нефти и каменного угля. В результате нефтедобывающая и угольная отрасли стали локомотивом промышленного развития региона. Развитие горнорудной промышленности в регионе после отъезда Кольской базы продвигалось тяжело. Глинозёмный комбинат был построен на территории республики спустя более 60 лет после первых отчётов геологов Базы. Такой была помощь учёных Кольской базы АН СССР на первом этапе становления научного учреждения в Коми АССР. Другой пример плодотворного сотрудничества учёных Кольского и Коми научных центров – это социалистическое соревнование Карельского, Кольского и Коми филиалов АН СССР.

Председатель Кольского филиала АН СССР чл.-корр. Г.И. Горбунов предложил Коми и Карельскому филиалам продумать возможность проведения совместных экономических работ по европейскому Северу. Первое заседание состоялось 16 декабря 1971 г. На нём было принято следующее решение: поскольку Европейский Север сближает Мурманскую обл., Карельскую и Коми АССР по наличию минерального, топливно-энергетического сырья, лесных, рыбных богатств, три филиала АН СССР приняли решение подготовить научно-технический доклад «Проблемы повышения эффективности общественного производства и основные направления развития производительных сил на Европейском Севере до 1980 г. и с прогнозом до 1990 г.». В следующем году он был представлен в правительственные органы, Архангельский и Мурманский обкомы партии, Советы министров Коми и Карельской АССР [5].

На первом же заседании в 1972 г. было принято решение систематически и постоянно координировать научные исследования как в области минеральных ресурсов, так и в области экономических и социальных проблем. Эта координация вылилась в соцсоревнование трех филиалов. В его основу легли результаты научной деятельности академических учреждений за год. Ежегодно руководители филиалов

подводили итоги соревнования. Итоги первого года подводились в Петрозаводске. В 1974 г. делегации Кольского и Карельского филиалов встретились на совещании в Сыктывкаре. В 1975 г. Совещание состоялось на Кольской земле. В последующие годы ротация сохранялась.

При ежегодном подведении итогов рассматривались такие показатели как завершение научных исследований по темам, включенным в план научно-исследовательских работ; внедрение их результатов в народное хозяйство; издательская, изобретательская и рационализаторская деятельность, уровень организации издательского и выставочного дела. В рамках соцсоревнования организовывали спортивные и культурные мероприятия. При подведении итогов не выбирали победителей и побежденных, но дух соревнования подстегивал филиалы к ускорению темпов работ, появился интерес к работам соседей по близкой тематике.

Кооперируясь и соревнуясь, филиалы достигли существенных успехов. В каждом были получены крупные результаты, ознаменованные целым рядом внедрений, но стержнем совместной работы была комплексная разработка перспектив развития производительных сил Европейского Севера, который получил государственное признание и был выделен в качестве субрегиона Российской Федерации. Совместными усилиями были выполнены следующие проекты: комплексная программа научно-технического прогресса на период до 2005 г. по пятилеткам; составлен комплексный геологический атлас Севера Европейской части СССР с целью оценки перспектив минерально-сырьевой базы территории; определены основные направления развития производительных сил и повышения эффективности производства; подготовлены программа «Комплексного освоения природных ресурсов и развития производительных сил европейского Севера СССР на период до 2000 г.»; «Схема развития и размещения производительных сил Мурманской обл. на период 1976-1990 гг.» и др. [6].

Социалистическое соревнование несло большую пользу, но были и негативные итоги. Высокие темпы соревнования вынуждали руководство постоянно ускорять работы, что не могло не сказаться на их качестве. Кроме того, конкуренция между филиалами начала мешать главному – развитию научных исследований. Некоторые подразделения, в частности, геологические, чтобы обеспечить своему филиалу преимущество, не допускали обнародования результатов. Особенно сильными были противоречия между Кольским и Карельским филиалами, что признал председатель Президиума Карельского филиала АН СССР д.г-м.н. В.П. Соколов на последнем собрании трёх филиалов в 1985 г. Он говорил, что в совместной программе по разработке и использованию природных ресурсов, которую составляли в основном сотрудники Кольского филиала, «больше отражены месторождения Кольского п-ова и несколько уменьшена потенциальная роль месторождений Карелии». Кроме того, существовали противоречия между бюджетами Мурманской обл. и Карелии, размер которых определял степень развития филиалов и их способность к решению сложных задач.

Коми филиал имел свои интересы в соревновании. Уступая в материально-технической базе и научных кадрах Кольскому филиалу и работая вместе с ним по совместным программам, обмениваясь опытом, Коми филиал вышел на решение проблем всесоюзного значения, тем самым подняв престиж учреждения. Участие в соцсоревновании 1970-1980-х гг. серьезно продвинуло Коми филиал в экономических, демографических и энергетических исследованиях.

Анализ итогов соцсоревнования трёх филиалов позволяет сопоставить уровень развития близких академических учреждений. Если в первые годы Кольский филиал лидировал по многим показателям и, прежде всего, числу научных сотрудников и докторов наук, количеству выполняемых научных тем (за год – более 100, Коми и Карельский филиал – около 50), то к 1981 г. Коми филиал заметно приблизился к Кольскому. Учёные Коми регулярно занимали первые места по внедрению результатов в производство по сумме реальной прибыли, по изобретательской (рационализаторской), издательской деятельности, лидировали в области пропаганды научных знаний. В некоторые годы научные сотрудники читали до 1000 лекций в год. В то же время Коми филиал сильно отставал в разработке проблем, зависивших от материальной базы, в подготовке кандидатов и особенно докторов наук, организации научных конференций и др.

В конце 1980-х и 1990-х в условиях формирования новых социально-экономических и политических отношений система соцсоревнования стала анахронизмом и сошла на нет. Но за почти 20 лет благодаря совместной работе учёных значительно продвинулись исследования по экономике и энергетике. По совместным проектам работали биологи и геологи. Научные контакты продолжились и в дальнейшем. В начале 1990-х взаимовыгодное сотрудничество учёных трёх научных центров получило название «интеграция».

Одним из интересных интеграционных процессов, в котором приняли участие учёные Кольского и Коми научных центров, стало создание регионального совета Академии наук РСФСР. Замысел её созда-

ния появился в сложное время. В конце 1980-х даже рядовым гражданам стали очевидны усугубляющиеся экономические трудности Советского Союза. В системе управления отраслями накопились проблемы, решение которых затягивалось годами. Управление академической наукой также нуждалось в изменениях. Учёные ощущали, что союзному правительству, ушедшему в решение экономических и политических проблем, было не до науки. Перед глазами были примеры союзных республик, в которых усилились центробежные силы, а наука становилась одной из опор, на которых планировалось строить новые государства.

В конце 1980-х начался завуалированный раздел союзного имущества. Республики Союза в условиях растущего недовольства населения из-за перебоев с продовольствием, товарами первой необходимости одна за другой провозглашали суверенитет (первой была Эстонская ССР 16 ноября 1988, к декабрю 1990 г. все 15 союзных республик заявили о своём суверенитете). В политических кругах муссировался вопрос о провозглашении республиками своей независимости и выходе из СССР. Если союзные республики могли при разграничении полномочий с союзным правительством руководствоваться территориальным принципом, то РСФСР оказалась в сложной ситуации. Граница между республиканской и союзной собственностью была эфемерной. Наблюдались перекосы в обе стороны, в том числе в сфере науки и образования.

В научном сообществе нарастала неудовлетворенность сложившейся структурой «управления» наукой в стране. В конце 1980-х Академию наук СССР неоднократно упрекали в том, что она, будучи подчиненной Совету министров СССР, нередко выступала послушной исполнительницей воли и политизированных заказов правительства и ЦК партии. Это особенно сказалось на развитии общественных наук. Поэтому вопрос о независимом статусе Академии наук как высшего научного и экспертного органа страны активно обсуждался в конце 1980-1990-х [2].

Опасения за будущее науки вынуждали учёных активно высказывать свою тревогу. Сигналом к серьёзному широкому обсуждению возможности создания Академии наук РСФСР стало письмо акад. Н.Н. Моисеева и последовавшее за ним обсуждение в прессе, академических кругах, Верховном Совете РСФСР. Идею создания академии наук РСФСР поддержали академики А.А. Логунов, Н.Б. Бехтерева и др. В ноябре 1989 г. решением Комиссии по науке и технике Верховного Совета РСФСР была создана рабочая группа, которая должна была разработать концепцию АН РСФСР, при этом главной задачей было создать структуру, которая не была бы враждебна Академии наук СССР и включила бы в себя по-настоящему выдающихся учёных России.

В январе 1990 г. единогласно одобренный документ об основных принципах организации и функционирования Академии наук РСФСР, её целях и задачах был представлен в комиссию по науке и технике ВС РСФСР. Организационная структура была построена на иных прицепах, нежели АН СССР. С одной стороны, это должно было уберечь от повторения ошибок, с другой – разработчики проекта стремились минимизировать вред, который могла причинить создаваемая академия АН СССР. Поэтому на первом этапе Академия наук РСФСР должна была создаваться без собственных институтов.

Основной движущей силой Академии должны были стать региональные научно-координационные советы. Деление регионов было заимствовано из экономического районирования РСФСР. Их было 11 – Северный, Северо-Западный (включая Ленинград), Центральный (включая Москву), Волго-Вятский, Центрально-Черноземный, Поволжский, Северо-Кавказский, Уральский, Западно-Сибирский, Восточно-Сибирский и Дальневосточный. В каждом районе предполагалось создать свой региональный научно-координационный совет. В их состав должны были войти наиболее авторитетные представители академической, вузовской и отраслевой науки. На них предполагалось возложить анализ региональных проблем, разработку рекомендаций, формирование региональных блоков общих целевых программ фундаментальных и прикладных исследований Академии наук России. Междисциплинарные научные советы и комитеты при Президиуме АН РСФСР должны были координировать научные исследования в целом по Российской Федерации, анализировать тенденции и разрабатывать прогнозы развития соответствующих областей науки и техники, обоснования стратегии развития этих направлений в увязке с экономическим и социальным развитием Российской Федерации и её регионов. Основной принцип деятельности новой академии должен был состоять в том, что в качестве главного рычага объединения предполагалось использовать не административные методы, а целевое финансирование на конкурсной основе через научно-исследовательские программы и гранты [1].

Предложенный проект был одобрен, 24 января 1990 г. вышел указ Президиума Верховного Совета РСФСР «Об учреждении Академии наук Российской Федерации», 13 марта 1990 г. издано постановление Совета Министров РСФСР № 88 «О формировании Академии наук РСФСР». Чтобы от идеи перейти к реализации, учредительному комитету было необходимо создать региональные научно-координационные

советы. Мы располагаем документами, свидетельствующими о том, как создавался Северный научно-координационный совет. Учредительное заседание состоялось 18 мая 1990 г. в Сыктывкаре на совместном заседании Кольского, Карельского и Коми филиалов. Руководители трёх академических учреждений продолжали встречаться для того, чтобы «сверить часы». Именно на такой встрече и произошло формирование северного научно-координационного совета. Инициатором создания стал председатель Президиума КНЦ АН СССР чл.-корр. В.Т. Калинников, который был приглашён в состав учредительного комитета АН РСФСР.

В начале заседания собравшиеся обменялись мнениями по поводу Академии наук РСФСР и её взаимодействия с АН СССР, и пришли к выводу, что АН РСФСР может стать ещё одним источником финансирования для продолжения исследований по региональной тематике. Было решено включить в состав оргкомитета северного научно-координационного совета по три человека от каждой автономной республики из присутствовавших делегатов регионов с тем, чтобы они начала работу по созданию северного НКС. Так был избран Оргкомитет по созданию Регионального научно-координационного совета Академии наук РСФСР, в который вошли присутствовавшие на собрании делегаты областей и республик [8].

Организационный комитет Северного научно-координационного совета за год своего существования успел провести значительную работу. Были определены структура и статус научно-координационного Совета, созданы секции, определены квоты для академических, отраслевых научных учреждений и вузов в НКС, сформирован НКС и положение о нём, подготовлен Временный устав Северного отделения Российской Академии наук, который был разослан в научные и высшие учебные заведения регионов для обсуждения и внесения замечаний.

Были организованы следующие секции: общественных наук (13 чел); физико-математических наук (8), инженерно-технических наук (8), химико-биологических наук (15), наук о Земле (11). Северный научно-координационный совет был первым в РСФСР [9]. В марте 1991 г. ожидались утверждающие документы академии наук, в апреле – выборная компания в члены академии. Но дальнейшие события поставили под сомнение эти результаты. В мае 1990 г. был избран новый состав Верховного Совета РСФСР. Председателем стал Б.Н. Ельцин. Акад. В.А. Коптюг вспоминал, что Съезд народных депутатов РСФСР, формально одобрив идею создания собственной Академии наук, приостановил шаги по её организации и поручил Комитету по науке и народному образованию совместно с Комитетом по законодательству и Советом министров РСФСР разработать новую концепцию Академии наук РФ [1]. Причиной кардинального поворота стала своеобразная позиция ряда депутатов, которую можно передать словами: «Все, что сделано до нас, сделано заведомо плохо» [3]. В конце 1990 г. Комитет по науке и народному образованию Верховного Совета РСФСР разработал собственную концепцию формирования Российской Академии наук. На этом и заканчивается история Академии наук РСФСР. Новая академия формировалась новыми людьми на иных принципах. Это были первые шаги Российской академии наук. Создатели академии наук РСФСР приняли активное участие в рождении новой академии и постарались привнести в новый проект лучшие идеи, которые были сформированы в рамках создания Академии наук РСФСР.

9-10 октября 1991 г. состоялось общее собрание АН СССР, которое приняло решение поддержать создание Российской академии наук и начать процесс организации РАН при активной поддержке членов Академии наук СССР. Был создан Оргкомитет, а также избраны учредители (выборщики) от всех экономических регионов РФ, всего около 300 чел. Впервые наряду с действительными членами и членами-корреспондентами в состав выборщиков вошло большое число докторов наук.

На 160 объявленных мест было избрано 147 академиков и членов-корреспондентов. Благодаря нетрадиционной процедуре выборов значительное число академиков и членов-корреспондентов было избрано от вузовской и отраслевой науки. Выборы внесли изменение в географию членов академии наук. Москва и Московская область по-прежнему доминировали, на их долю пришлось 60 % вновь избранных академиков и 40 % членов-корреспондентов [10]. По Северному экономическому району избран один академик – Н.П. Юшкин.

Сотрудничество Кольского и Коми научных центов имело взаимовыгодный характер. Кольский научный центр всегда был крупнейшим на Севере и задавал планку для «младших братьев». На первом этапе учёные Кольской базы внесли существенный вклад в изучение природных богатств Коми края. За годы соцсоревнования, выполняя совместные проекты, Коми филиал поднялся на уровень создания крупных межрегиональных проектов. Рвение, с которым учёные наших центров взялись за создание регионального совета Академии наук РСФСР, свидетельствовало о том, что они могли бы выйти на новый уровень интеграции. В 2011 г. между Кольским и Коми научным центром было заключено соглашение о сотрудничестве. Сейчас подходящее время для того, чтобы начать новый проект.

Статья подготовлена при поддержке Программы фундаментальных исследований Президиума РАН «Традиции и инновации в истории и культуре», проект № 12-П-6-1003 «Документальное научное наследие Российской академии наук на Европейском Севере России: выявление, систематизация, интерпретация».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Коптюг В.А. Наука компромисса // Наука в Сибири. 1990. № 4. С. 2-3.
2. Коптюг В.А. Новый статус академии // Наука в Сибири. 1990. № 35. С. 3.
3. Коптюг В.А. С нулевого цикла // Наука в Сибири. 1991. № 2. С. 4-5.
4. НА Коми НЦ УрО РАН. Ф. 1 Оп. 1. Д. 65 а. С. 11.
5. НА Коми НЦ УрО РАН. Ф. 1 Оп. 20. Д. 231. Л. 7.
6. НА Коми НЦ УрО РАН. Ф. 1 Оп. 20. Д. 260. Л. 49-50.
7. НА Коми НЦ УрО РАН. Ф. 1. Оп. 10. Д. 286. Л. 3-4 об.
8. НА Коми НЦ УрО РАН. Ф. 1. Оп. 20. Д. 429. Л. 160.
9. НА Коми НЦ УрО РАН. Ф. 1. Оп. 20. Д. 463. Л. 4, 18.
10. НА Коми НЦ УрО РАН. Ф. 1. Оп. 1. Д. 487. Л. 4-11.

ИСТОРИЯ ХИБИНСКИХ ПОСЕЛЕНИЙ В КАРТОГРАФИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛАХ [1]

Берлин В.Э.

Апатиты, valeraberlin@rambler.ru

Историю хибинских поселений в картографических материалах следует начинать с обзора исторических сведений о нашем заполярном регионе. Сегодня известно, что 7-6 тыс. лет до н. э. во времена «арктического палеолита» возникли самые ранние поселения на берегах полярных морей (о. Олений, Рыбачий п-ов). Около 3 тыс. лет до н. э. уже имеют место постоянные рыбачьи поселения в Беломорье. В VI в. нашей эры началось продвижение восточных славян на Европейский Север.

870 годом датируется первый поход норвежца Отара к берегам Кольского п-ова. По его сообщению, сохранившемуся в древних сагах: «Эта страна простирается очень далеко на север, на немногих местах поселились здесь и там финны, занимаясь зимой охотою, а летом рыбным промыслом на море. ...Земля терфиннов была совсем пустынна, кроме отдельных местечек, где жили охотники, рыбаки и птицеловы». Финны – древнее название саамов. Провинция на севере Скандинавии, населённая саамами, носила название Финнмаркен, т. е. «Область саамов». Тер, Тре, Терский наволок, Терский берег – древнее наименование Кольского п-ова. Терфинны (по-русски – Терская лопь) – жители Кольского п-ова – саамы. Все эти топонимы в дальнейшем появятся на первых географических картах Севера.

Рис. 1. Полярная карта Герарда Меркатора. 1595 г.

Впервые область Северного полюса с находившейся там (по гипотезе) территорией древней «Гипербореи» изображена на карте Герарда Меркатора 1595 г. (рис. 1). Она частично основана на письмах английского монаха, который путешествовал по северу в 1360 г. Другой источник – морские маршруты капитана Джона Дависа 1580 г.

[1] По материалам доклада на научно-практической конференции «Кировск и Апатиты. Малые города – большая история: работа с архивными, библиотечными, музейными документами по краеведению» в Государственном архиве Мурманской области в г. Кировске 24-25 октября 2011 г.

Следуя далее в хронологической последовательности – в первой половине X в. арабский писатель Абу-Хамед пишет о поселениях славян на побережье Белого и Баренцева морей. XII в. – в русском летописном списке впервые упоминается слово «Лапландия». 1270 г. – по грамоте «земля Тре» – волость Великого Новгорода (князь Ярослав Ярославич). В 1326 г. между Русью и Норвегией подписана знаменитая «Разграничительная грамота» о границе на севере. На схематической карте обозначены пути проникновения новгородцев на Север и в Зап. Европу в XII-XVI вв. С XV в. повсеместны плавания поморов и нынешних архангелогородцев на Грумант (Шпицберген). Нюрнбергский врач Иероним Мюнцер в письме к португальскому королю Жуану II пишет, что русские не только часто посещают Грумант, но и основали там большое поселение. XV в. – термин «лопь» используется как собирательное название народа саами. 1539 г. – на карте Олава Магнуса впервые изображен Кольский п-ов под названием «Биармия». 1574 г. – впервые в книге московского писца Алая Михалкова упоминается хибинский Йокостровский погост, где сказано, что в нём всего 6 веж, а людей в них 40 человек, а угодья у них... (следует перечень), «а ловят они в тех речках, и в озёрах, и по губам белую рыбу про свою нужду, да по лесу зверя бьют и птицу ловят, тем себя и кормят». 1598 г. – в Амстердаме вместе с «Морским дневником» вышла в свет карта полярных стран В. Баренца (рис. 2).

Рис. 2. Карта полярных стран В. Баренца. 1598 г.

На титульном листе издания начертано: «Морской дневник или правдивое описание трёх изумительных и никогда не слыханных плаваний, предпринятых три года подряд голландскими и зеландскими кораблями к северу от Норвегии, Московии и Тартарии, в направлении к царствам Китайскому и Синскому, затем как открыты были пролив Вайгач, Новая Земля и страна, лежащая под 80-м градусом, которую они считают Гренландией и в которой никто никогда не бывал; далее о диких и свирепых медведях и других морских чудовищах, а также о невыносимом холоде, который они вытерпели...».

1601 г. – первое описание района р. Нивы дано голландцем Симоном Ван Скалиген, приехавшим в Россию в качестве торгового агента Антверпенской компании. Им же составлена карта Севера Европы (рис. 3).

1673 г. – вышла из печати книга Иоганна Шеффера «Лаппония», где впервые говорится о Русской Лапландии (русский текст и рисунки И. Шеффера впервые в России опубликованы в альманахе «Живая Арктика» в 2008 г.) (рис. 4).

XVII в. – на картах этого времени район Хибинского массива называется «Будринскими горами». Происхождение этого слова, возможно, следующее. На мысе Будрач в Кандалакшской губе и по сей день

Рис. 3. Карта Русской Лапландии Симона Ван Скалигена. 1601 г.

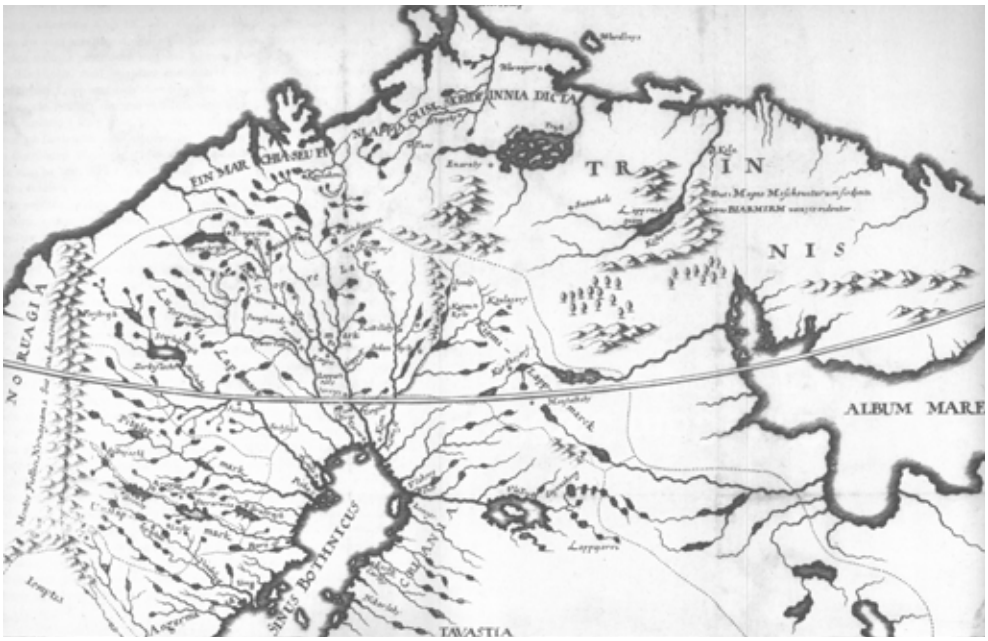


Рис. 4. Карта Русской Лапландии из книги И. Шеффера «Лаппония». 1673 г.

произрастает плющевидное растение, именуемое у поморов будра. По-видимому, такая же растительность была и в Хибинских тундрах, что дало повод называть горы Будринскими. На более поздних картах этот же горный массив стал называться Умптеком (саамское слово Умптек – Хибины происходит от «умп», «опп» – закрытый от постороннего взора, таинственный) (рис. 5).

1834 г. – в сентябре капитан Корпуса горных инженеров Широкшин обследует западные склоны Хибинского массива. В его статье о путешествии на Кольский п-ов («Горный журнал» за 1835 г.) представлены первые геологические сведения о Хибинах, оценена средняя высота массива в 1060 м. К статье приложена «Геогностическая карта берегов Кандалажской губы и Белого моря до Кеми и ближайших им гор Карелии и Лапландии в Архангельской губернии». Это первая геологическая (точнее – петрографиче-

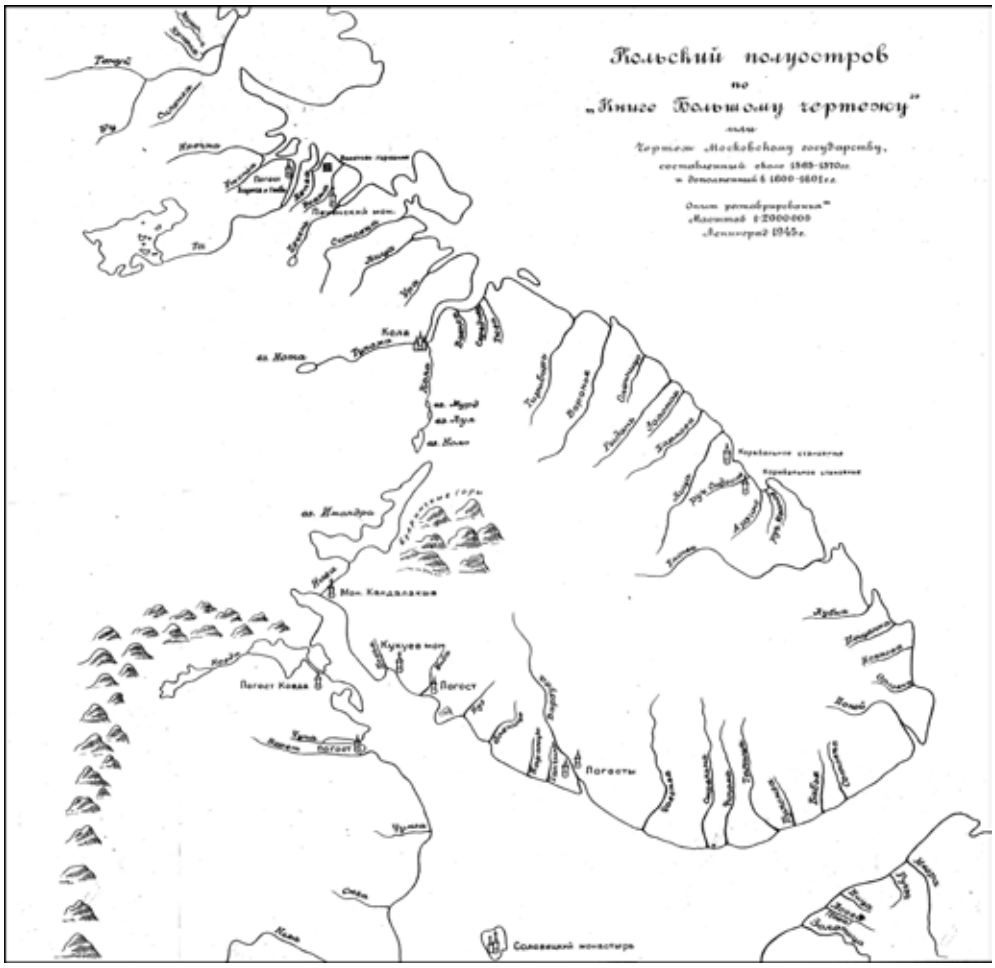


Рис. 5. Карта Кольского п-ова по «Книге Большому Чертежу», ок. 1565-1570 гг.

Рис. 6. Карта Хибинских гор В. Рамзая. 1887-1892 гг.

ская) карта Кольского п-ова. 1840 г. – знаменитый русский исследователь Сев. и Вост. Сибири А.Ф. Миддендорф на пути из Кандалакши в Колу посетил западные склоны Хибин, дал петрографическое описание этого района. 1887 г. – финская экспедиция В. Рамзая (Петрелиус, Чильман, Гакман и др.) под патронажем

Российской академии наук начала работать (1887-1892) на Кольском п-ове. Петрелиусом составлена первая подробная карта Хибинского массива (рис. 6). В отчётах экспедиции содержится первое упоминание об апатитовых осыпях. Проводниками Рамзая стали саамы Йокостровского погоста Архипов и Галкин. Место обитания саамов обозначено на карте Рамзая (Jokostroff). Интересен факт, что на этой же карте чёрными треугольниками обозначены места летних поселений йокостровских саамов.

1919 г. – 30 января известный исследователь полярных стран англичанин сэр Генри Шеклтон обратился к генерал-губернатору Северной области Ермолову за разрешением на поиск полезных ископаемых на Кольском п-ове, в первую очередь в районе Хибинского массива. Шеклтон просил Северное краевое правительство отдать ему этот район в концессию на 99 лет. За это он гарантировал немедленную отправку в распоряжение белогвардейского командования «транспортов продовольствия и вооружения». 19 февраля 1920 г. договор с Шеклтоном был подписан, но новая власть не дала планам осуществиться.

1920 г. – 20 февраля на ст. Имандра и разъезде Белом (ст. Апатиты) восстановлена Советская власть, избран местный исполком (21 февраля – в Мурманске). 4 марта постановлением ВСНХ создана Северная научно-промысловая экспедиция. 17 июня комиссия в составе президента Академии наук акад. А.П. Карпинского и акад. А.Е. Ферсмана выехала на Мурман. На станции Имандра из-за поломки паровоза и нехватки дров несколько энтузиастов во главе с А.Е. Ферсманом совершили прогулку в горы и поразились обилию интересных геологических находок. Так начиналась знаменитая Хибинская эпопея, сыгравшая огромную роль в создании горнорудной промышленности за Полярным кругом.

1921 г. – в июне по инициативе проф. Прохорова (Институт Севера), Мурманского земотдела и Мурманской ж. д. на берегу оз. Имандра (ст. Хибины, пос. Хибино) началась организация опытного сельхозпункта, преобразованного впоследствии в ПОСВИР. Работой руководил агроном Крепс, будущий организатор Лапландского заповедника.

1923 г. – 1 октября вступил в действие проект «О колонизации Карело-Мурманского края». Схематическая карта новых поселений в южной части оз. Имандра иллюстрирует активное освоение этого района Русской Лапландии (рис. 7).

Рис. 7. Карта района южной части оз. Имандра. 1924 г.

1924 г. – в Петрограде вышла книга А.Е. Ферсмана «Три года за Полярным кругом».

1925 г. – при поддержке Мурманской ж. д. выходит первая гипсометрическая карта Русской Лапландии географа Гавриила Рихтера (рис. 8). Столь позднее появление физической карты Мурманской обл. говорит о том, насколько заброшенным был этот заполярный уголок России с точки зрения географической изученности.

1930 г. – «Где быть социалистическому городу в районе Хибин?» – так называлась статья в февральском журнале «Карело-Мурманский Край» за 1930 г. В начале статьи читаем: «Выехавшая в Хибины 26 января Комиссия по постройке социалистического города в районе апатитовых разработок была по-

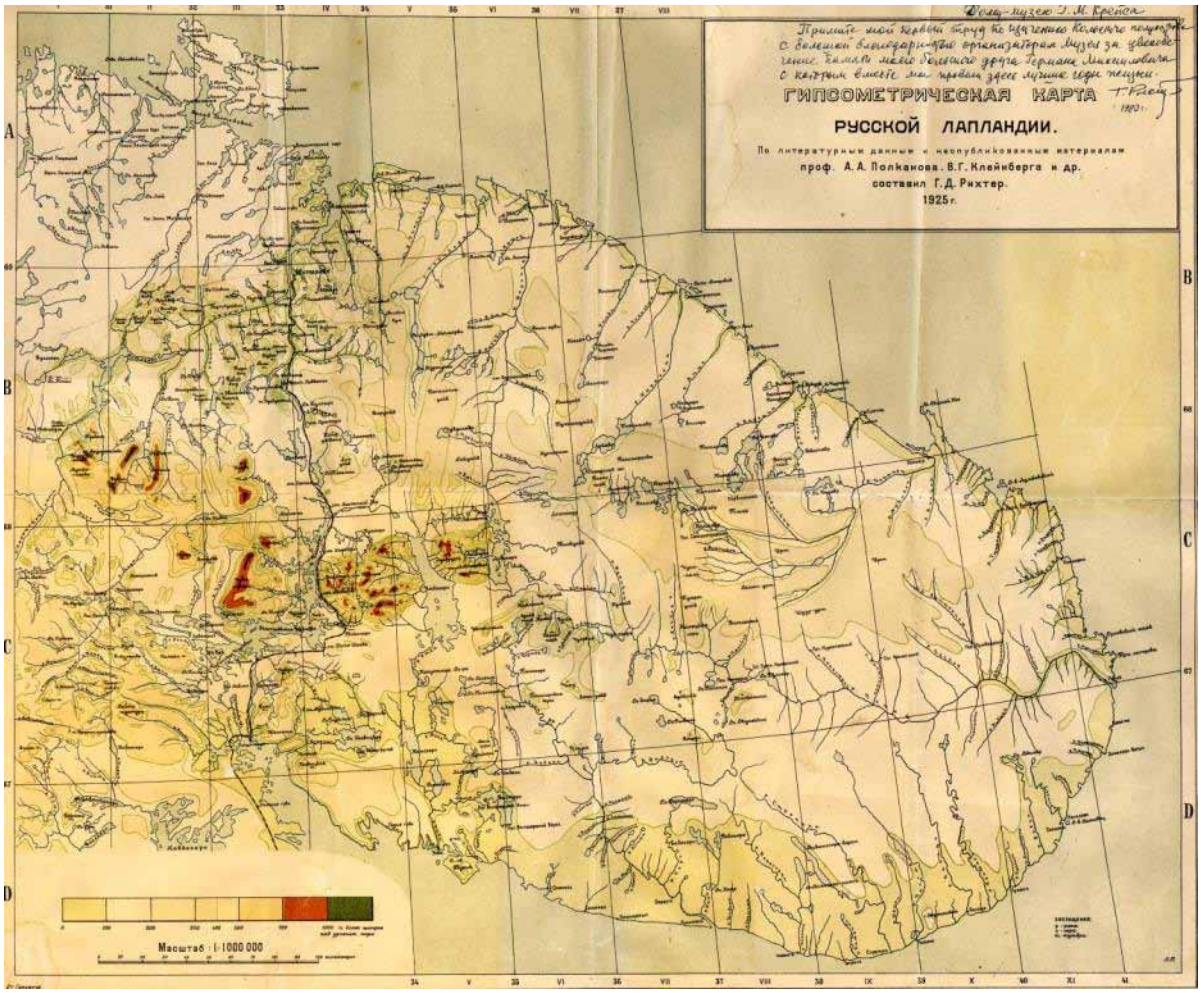


Рис. 8. Гипсометрическая карта Русской Лапландии Г.Д. Рихтера. 1925 г.

полнена на месте представителями Мурманского исполкома, Мурманского окружного бюро профсоюзов, уполномоченными санитарного надзора Мурманской ж. д. и начальника работ по постройке новой ж.-д. линии к апатитовым разработкам. В период 28-30 января Комиссия произвела осмотр участков на месте». О событиях, предшествовавших выходу этой статьи, мы узнаём из воспоминаний акад. А.Е. Ферсмана: «2-3 сентября 1929 г. в «домике Кирова» у Кукисвумчоррского месторождения состоялось историческое заседание специальной комиссии, посланной сюда Сергеем Мироновичем. Постановление этой комиссии было настолько решительно и определенно, что необходимость постройки города в Хибинах оказалась совершенно очевидной и реальной.

Некоторые представители указывали, однако, что можно будет ограничиться в Хибинах лишь постройкой рабочих поселков для добычи апатитовой руды. Но большинство участников этого совещания решительно высказалось за то, что нельзя ограничиваться организацией добычи, что надо ставить вопрос о постройке жилья в районе обогатительной фабрики, а следовательно, подчёркивали необходимость строительства городских поселений в широком масштабе.

Это постановление заставило подумать о строительстве в Хибинах настоящего города.

В моей отчётной книге, поданной правительству в начале ноября того же года, были намечены и первые варианты таких поселений, а именно: два маленьких посёлка около рудников Кукисвумчорра и Юкспорра и постройки городского центра на юг от морены и оз. Большой Вудъявр на южных склонах, обращенных к реке Белой.

Тем не менее вопрос не получил окончательного разрешения, и только приезд Сергея Мироновича Кирова 31 декабря 1929 г. дал решительный толчок постройке крупного социалистического города в районе апатитовых разработок. По его предложению, в январе 1930 г. в Хибины была отправлена специальная комиссия из представителей Ленинграда, Мурманской ж. д. и мурманских организаций для подготовки окончательного решения и выбора места для постройки.

Комиссия отнеслась отрицательно к трём выдвигавшимся сначала вариантам, а именно: к устройству центрального города около самого Кукисвумчоррского месторождения, совершенно справедливо указывая на неблагоприятные географические условия – ветер, снега и лавины узкой долины р. Саамской (Лопарской). Примерно по тем же причинам отвергнут был также и второй вариант постройки города в долине р. Юкспоррйок. Наконец, не согласились и с настойчивым предложением Мурманской ж. д. – создать социалистический город у станции Апатиты, причём основным доводом против этого было указание на отдалённость этого района от рудников, несмотря на его более благоприятные климатические и топографические условия. Комиссия остановилась на том, что наиболее подходящим участком необходимо признать 17-19-й километры железной дороги, т.е морену, замыкающую Большой Вудъявр, но вместе с тем подчеркнула, что этот участок является более выгодным, чем участок 20-23-го километра, т.е. северные склоны морены.

В марте 1930 г. управление треста «Апатит» подвергло некоторому пересмотру решение этой комиссии и по согласованию с проектирующей организацией остановилось на необходимости строить город на северных склонах морены, учитывая нежелательность расположения поселков слишком далеко от рудников и обогатительной фабрики. Это диктовалось тем, что выбор места обогатительной фабрики был уже окончательно зафиксирован, так как единственным удобным по уклону и по подъездным путям участком было то место, на котором фабрика ныне построена.

Против непосредственного расположения города у фабрики возражали и наша комиссия, и специальная комиссия Академии наук и Колонизационный отдел Мурманской ж. д. В конце концов трестом было принято несколько компромиссное решение. Однако жизнь показала, что и это решение было не вполне правильным. По мере развития города именно центральная часть морены, а также южные её склоны стали всё более и более заселяться, а центр города переноситься от района обогатительной фабрики к югу. Вместе с тем стало выясняться, что эта фабрика оказалась сильно стеснённой выросшими вокруг неё городскими постройками, а отделявшая фабрику от города улица была запроектирована слишком узкой и неудобной. Только последние изменения генерального плана города вводят новую широкую планировку и отодвигают жилфонд от промышленного строительства.

Долгое время в период стройки город оставался без названия. Вся жизнь 1930 г. была связана с шоссейной дорогой и её километровыми столбами, и поэтому в первые годы по-прежнему сохранялись названия отдельных участков по километрам. Так, 13 км назывался район нынешней ст. Титан (пос. Пионер – В.Б.); 16 км, или «бараками» назывался переезд шоссейной дороги через Кировскую ветку. Район самого города очень долго упорно назывался местными жителями просто 19 км. Между тем 1 августа 1930 г. была закончена железнодорожная ветка к рудникам. Управлению Мурманской ж. д. надо было дать названия отдельным станциям, и оно, не считаясь ни с кем, назвало узловую станцию на магистрали – Апатиты, станцию на 13 км – Титан и конечную станцию на руднике – Нефелин. Напрасны были наши возражения против этих названий. Нам казалось совершенно неправильным название станции «Титан» в районе, где не было и следов титановых руд.

Еще менее обоснованным нам казалось название рудничной ст. Нефелин, так как основной её рудой является именно апатит, а не нефелин.

Однако решение Мурманской дороги было принято, и нам предстояло лишь позаботиться о наименовании города, т.е. того пункта, который назывался 19 км. Много разных названий предлагалось местными строителями: одни хотели назвать город «Тундровым», другие «Полярным».

В моей записной книжке указывается ещё три предложения – «Карпинск» (в честь президента Академии наук Карпинского), «Хибинск», и тогда уже предлагалось название «Кировск», хотя многие указывали, что С.М. Киров со свойственной ему скромностью не согласится на это название.

Летом 1930 г. мы разъехались в разные края. Мне пришлось с группой наших работников приехать в Магнитогорск с целью ознакомиться там с типами и масштабами строительства и постройки. Тут нам пришла в голову мысль назвать новый город Хибиногорском, по аналогии с Магнитогорском. Мы тут же послали телеграмму в Кукисвумчоррский горсовет и в трест, и вскоре это название утвердили».

Много интересных сведений о процессе освоения Кольского п-ова в начале 1930-х дает «Атлас Мурманской области», выпущенный в 1934 г. под редакцией проф. П. Вощанина.

Мало документов, почти нет очевидцев, но известно, что в конце 1930-х в районе Старых Апатитов располагалось несколько лагерей заключённых. По воспоминаниям Л. Гладиной и сведениям Е. Пация, в районе ст. Апатиты было 5 лаготделений и несколько лагпунктов (рис. 9). При въезде в город располагался женский лагерь, потом на его месте был построен птичник совхоза «Индустрия». Огромный лагерь на-

Рис. 9. Карта-схема расположения лагерей УСЛОНа в Хибинах. 1929-1953 гг.

ходился в районе нынешней апатитской тюрьмы. В Новом городе (Апатиты) лаготделение 1 находилось там, где сейчас пересекаются ул. Строителей и Гайдара. Его последние бараки были снесены в начале 1970-х. Там же располагались мастерские треста «Спецстроймеханизация». Лаготделение 2 находилось в пос. Белореченский. В 1980-х на этом месте работал ЛТП. В Старых Апатитах располагался отдельный спецлагпункт 4.

КРАЕВЕДЧЕСКАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ ДЕТСКОЙ БИБЛИОТЕКИ г. КИРОВСКА[1]

Виглиева Е.П.

Детская библиотека МУК «ЦБС» г. Кировска, library-kirovsk@yandex.ru

Одно из приоритетных направлений работы городской детской библиотеки – краеведение. Читатели нашей библиотеки – дошкольники, младшие школьники и учащиеся 5-9 классов. Особая категория читателей – инвалиды Кировского центра пребывания молодых инвалидов и КПНИ. Для этой категории пользователей фонд краеведческой литературы оставляет желать лучшего. Для малышей практически отсутствует адаптированный материал о городе и крае, для ребят постарше ощущается дефицит справочной литературы о Кольском Заполярье. Главная задача детских библиотекарей – восполнить этот дефицит.

В нашей библиотеке есть картотека, где отражается весь материал из местных СМИ, и папки-накопители «Экология Хибин», «История родного города», «Стихи о крае». В них собран материал из старых газет и журналов. Такие тематические подборки очень облегчают работу сотрудников и читателей. В библиотеке ведется издательская деятельность. К 70-летию издана «Сказка о городе», к 75-летию – словарь «Путешествие по Кировску». В этом году – к 80-летию города – разработана краеведческая программа «Лучший город на Земле», библиотека приняла участие в конкурсе «Краеведческая выставка 2011», организованном МУК «ЦБС». 12 мая состоялась презентация нашей конкурсной литературно-музыкальной выставки «Пою тебе, моё Заполярье», которая очень полюбилась читателям. Выставка необычна и оригинальна. Читатели могли «путешествовать» по городам Кольской земли. Семь городов, семь гербов, семь музыкальных дисков, красочные фотоальбомы, наборы открыток и много атрибутов, символизирующих

[1] По материалам доклада на научно-практической конференции «Кировск и Апатиты. Малые города – большая история: работа с архивными, библиотечными, музейными документами по краеведению» в Государственном архиве Мурманской области в г. Кировске 24-25 октября 2011 г.

достопримечательности каждого города. В течение всего юбилейного месяца проходили «путешествия» по Кольскому Заполярью и Кировску. В юбилейные дни в библиотеке проходил цикл уроков Хибиноведения. В него входят три урока, раз в неделю ребята посещали краеведческие мероприятия. Первый урок - «Пою тебе, моё Заполярье», второй урок - «В Снежном царстве, в Хибинском государстве», третий - «Чудеса земли Хибинской» (рис. 1).

Рис. 1. Урок Хибиноведения для учащихся школы № 7.

Для старшеклассников коррекционной школы-интерната № 3 в преддверии юбилея города прошла краеведческая игра «Что было в Кировске? Когда и где?» по аналогии с игрой «Что? Где? Когда?» Ребята с большим интересом отвечали на вопросы по истории города, разгадывали тайну черного ящика, участвовали в видеовикторине, капитаны команд решали сложный краеведческий кроссворд. Но самым значимым мероприятием стал конкурс детской рукописной книги «Мой город – моя любовь», стартовавший в январе 2011 г. (рис. 2). Юные кировчане с любовью и гордостью рассказали о Кировске и Хибинах. В конкурсе приняли участие дети 6-12 лет, коллективы детских дошкольных учреждений, Центра детского творчества «Хибины», творческие семьи города. На суд жюри и читателей было представлено 12 рукописных книг, весьма разнообразных по содержанию и оформлению. Авторы использовали различные технические приёмы: оригами, рисунки, фотографии, вышивку. Некоторые дети сделали иллюстрации к стихам местных поэтов. За месяц до подведения итогов рукописные книги были представлены в читальном зале. Читатели детской библиотеки, родители, педагоги и воспитатели смогли познакомиться с интересными изданиями, полистать и почитать их, а также заочно проголосовать за понравившуюся им книгу. Это помогло членам жюри определить победителей конкурса.

III городской Праздник юных писателей состоялся 22 октября в детской библиотеке. Конкурс проходил под девизом «Чтение + творчество = путь к успеху». Его основная цель – выявление и поддержка творческого потенциала личности ребёнка, расширение его знаний о родном городе, его прошлом и настоящем. Организаторы отметили всех участников и наградили победителей. Приз читательских симпатий за самую большую книгу «Хибинские зарисовки» (32×50 см), получил творческий коллектив дошкольного учреждения № 54 «Северок». Победителями в номинации «Коллективная книга» стали: МДОУ № 18 «Звёздочка», № 10 «Пингвинёнок» и № 5 «Незабудка». В номинации «Семейная книга» победителями стали семьи Милькиных, Фёдоровых и Аверьяновых. Конкурсные книги останутся в фонде библиотеки, книги-победители отправлены на 15-й Международный конкурс детской рукописной книги в Мурманск (рис. 3, 4).

Рис. 2. Конкурсные работы.

Рис. 3. Маленькие кировчане рассказывают о своём творчестве.

Рис. 4. Победители и участники городского конкурса детской рукописной книги «Мой город – моя любовь!».

Максим Горький сказал: «Помни, мира не узнаешь, не зная края своего». Эти слова могут стать эпиграфом ко всей краеведческой деятельности городской детской библиотеки, которая направлена на воспитание у подрастающего поколения патриотических чувств и гордости за свою малую родину.

МУЗЕЙ И АРХИВ В ЖИЗНИ БОТАНИЧЕСКОГО САДА НА ПРИМЕРЕ ПАБСИ КНЦ РАН [1]

Гонтарь О.Б.[1,2], Жиров В.К.[1-3], Лукьянова Л.М.[1]

[1] Полярно-альпийский ботанический сад-институт КНЦ РАН, [2] Апатитский филиал МГТУ,
[3] Кольский филиал ПетрГУ

Летом 1931 г. в Мурманскую обл. из Ленинграда приехал молодой ботаник и географ Н.А. Аврорин, который планировал пробыть здесь один летний сезон, но задержался на 29 лет. В августе 1931 г. он представил совещанию руководителей научных отрядов Горной станции АН СССР, администрации Хибиногорска и Президиуму АН СССР проект создания Полярно-альпийского ботанического сада. Проект был поддержан академиками А.Е. Ферсманом и В.Л. Комаровым и одобрен местными властями.

[1] По материалам доклада на научно-практической конференции «Кировск и Апатиты. Малые города – большая история: работа с архивными, библиотечными, музейными документами по краеведению» в Государственном архиве Мурманской области в г. Кировске 24-25 октября 2011 г..

Н.А. Аврорин писал: «…все части Сада должны служить двум основным целям: научно-исследовательской, с установкой на хозяйственное освоение, и неразрывно связанной с ней – культурно-просветительной» [Аврорин Н.А., Проект создания ПАБСИ, 1931].

Одновременно с созданием Сада в 1931 г. для научных сотрудников была основана научная библиотека, а с 1932 г. они начали проводить экскурсии для населения и приезжающих коллег. В 1953 г. научная библиотека горной станции вошла в состав Центральной научной библиотеки КФ АН СССР в качестве отделения, а позднее передана в ПАБСИ. Основой фондов стала специальная ботаническая и общебиологическая литература, подаренная различными институтами АН СССР и других ведомств и отдельными лицами. Одним из первых дар библиотеке ПАБСИ сделал акад. А.Е. Ферсман. Значительный вклад в научные фонды внес первый директор Сада Н.А. Аврорин [Жиров, 2011]. Уже в 1934 г. библиотека насчитывала до 1000 томов. В настоящее время фонд библиотеки составляет около 60000 единиц, в том числе около 12000 – зарубежных. Это издания и периодика по всем вопросам общей биологии, ботаники, физиологии растений, почвоведению, микробиологии, сельскому хозяйству, лесоведению и экологии. В библиотеке представлены все публикации сотрудников Сада, включая каталоги семян, авторефераты диссертаций, практические рекомендации, брошюры и т.д.

Кроме научной литературы, в библиотеке Сада долгие годы хранили документы научного и административного характера. В 1966 г. из неё в качестве самостоятельного подразделения выделен архив. Здесь в подлинниках и копиях хранятся документы, связанные с организацией Сада, его развитием, изменениями в составе и структуре подразделений. Огромную ценность представляют научные отчеты сотрудников (в том числе военных лет), отчеты по экспедициям, начиная с самой первой в 1934 г. В научных фондах Сада хранится более 4000 единиц постоянного хранения, в том числе научной документации.

Еще в 1931 г. Н.А. Аврорин указал на необходимость создания музея, но он был организован только в 2001 г. в ходе подготовки к 70-летнему юбилею, а в 2008 г. включен в реестр музеев РАН под названием «Музей истории ботанических исследований, создания и развития Полярно-альпийского ботанического сада-института». Музей расположен в одном из первых зданий в пос. Ботанический сад, построенном в 1939 г. (рис. 1). До 1978 г. в нем жили сотрудники Сада. Сегодня здесь, кроме музея, находятся лабораторные помещения и большая часть гербария. Профиль музея – историко-ботанический, он служит целенаправленному отражению истории становления ПАБСИ. Для отражения современной жизни Сада сформированы экспозиции, посвященные его руководителям и ведущим сотрудникам, научно-исследовательским отделам и лабораториям, наиболее интересным практическим работам, экспедициям. В 2011 г. благодаря финансированию по целевой программе Президиума РАН «Поддержка музеев» выполнен ремонт трех помещений и обновлены экспозиции (рис. 2).

Рис. 1. Дом № 8 пос. Ботанический сад.

Рис. 2. Обновленный зал музея.

В настоящее время в музее действуют постоянные экспозиции по темам: история развития ботанической науки в регионе (рис. 3); история становления и развития ПАБСИ; директора ПАБСИ (рис. 4); лаборатории и коллекции ПАБСИ (рис. 5). В музее также представлены личные вещи видных ученых, работавших в Саду в разные годы (рис. 6, 7).

Помимо постоянных, в музее выставляются временные экспозиции, например, «ПАБСИ в лицах» (2006-2007 гг.), в настоящее время размещенная на сайте ПАБСИ (www.pabgi.ru), и фотовыставка «Времена года в Саду» (2008 г.). В музее проводится культурно-просветительская, методическая, информационная работа. Ежегодно Ботанический сад посещают от 5 до 10 тыс. экскурсантов. Обычно экскурсия

Рис. 3. Стенды об истории развития ботанической науки в регионе.

Рис. 4. Экспозиция «Директора ПАБСИ».

Рис. 5. Стенды, посвященные деятельности лабораторий и коллекции ПАБСИ.

Рис. 6. Пишущая машинка Р.Н. Шлякова и А.В. Домбровской.

Рис. 7. Микроскоп Р.Н. Шлякова.

Рис. 8. Семья Авроринных в музее.

Рис. 9. Лекции для дошкольников.

начинается в музее истории ботанических исследований. Музей служит местом памяти и встреч. Так, в 2008 г. проведен вечер встречи с семьей первого директора ПАБСИ Н.А. Аврорина (рис. 8). На встрече присутствовали сотрудники ПАБСИ, представители Президиума КНЦ РАН, представители региональной прессы. С 2009 г. в музее активно проводятся лекции для школьников и дошкольников по оригинальным программам дополнительного образования в области экологии и биологии, разработанным сотрудниками Сада.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Жиров В.К. Связь времен. К 80-летию ПАБСИ им. Н.А. Аврорина // Вестник КНЦ РАН. 2011. № 2(5). С. 4-14.

KALKBERG – ГЕОЛОГИЧЕСКИЙ МУЗЕЙ ПОД ОТКРЫТЫМ НЕБОМ

Даувальтер В.А.

Институт проблем промышленной экологии Севера КНЦ РАН, Апатиты, vladimir@inep.ksc.ru

Калькберг (Kalkberg) (нем. «известняковая гора») – 91-метровая скала в центре курортного г. Бад Зегеберг на севере Германии, земля Шлезвиг-Гольштейн. Название неправильное, поскольку гора сложена не известняком, а гипсом (рис. 1).

Рис. 1. Вид на г. Калькберг.

Гипсовые отложения (как и соляные отложения), слагающие Калькберг, сформированы около 250 млн лет назад в море Цехштейна в результате эвапоритового осаждения солей. В более поздние эпохи истории Земли менее плотные пластичные соляные отложения (и менее пластичные гипсовые) поднимались до уровня современной поверхности (рис. 2). Гора поднимается и в настоящее время со скоростью 1-2 мм в год. Калькберг – одно из немногих образований в земле Шлезвиг-Гольштейн, которое было созда-

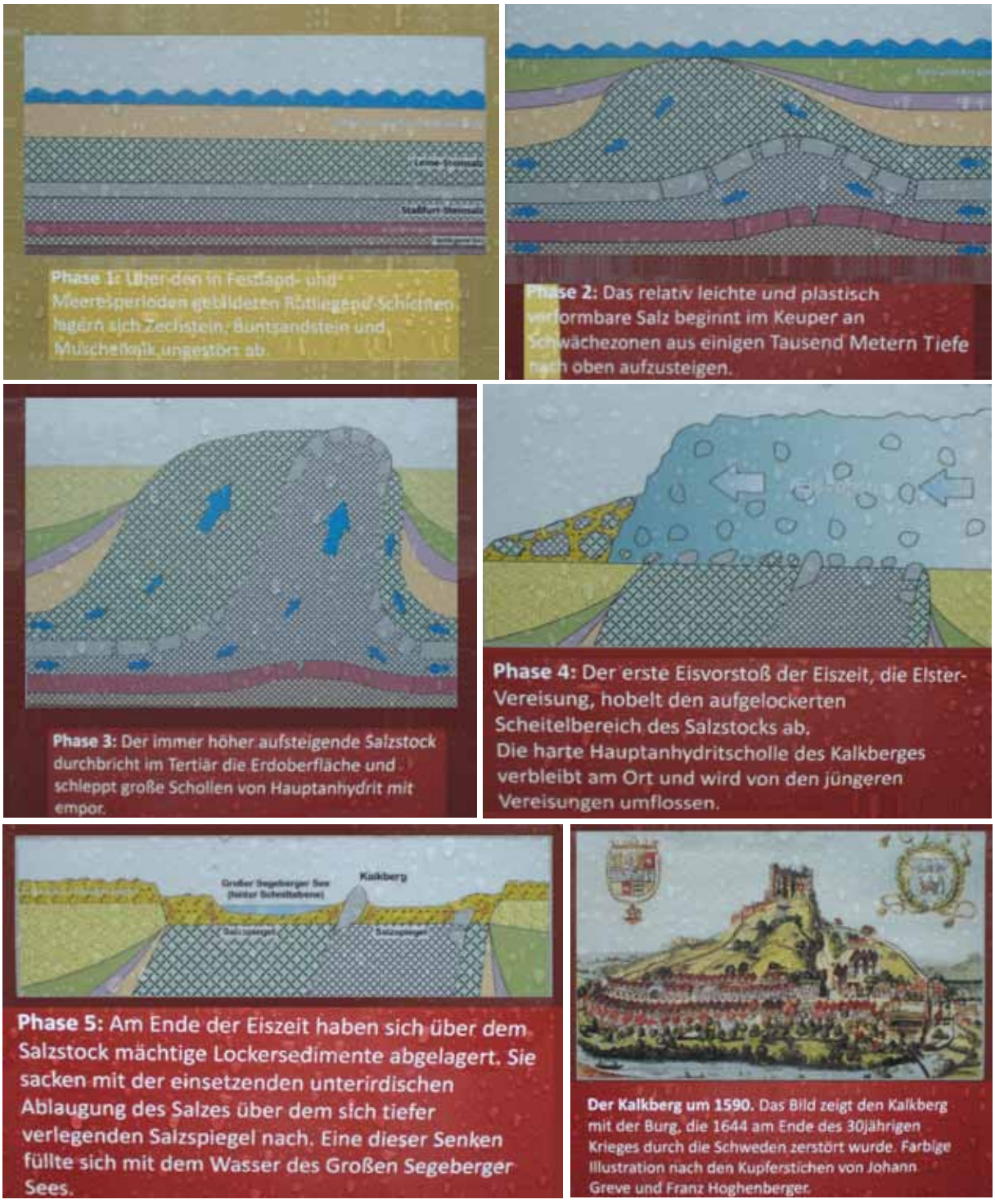


Рис. 2. Этапы образования г. Калькберг. На её вершине в средние века был построен замок, который в 1644 г. разрушен шведами в конце 30-летней войны.

но не в ледниковый период. На горе велась добыча каменной соли, она началась в средние века и закончилась в 1860 г. С соляного купола осуществлялась подача рассола для ванн, которые и дали название городу Бад Зегеберг (Bad Segeberg). Первоначально высота Калькберга была около 110 м. После столетий добычи гипса её высота составляет всего 91 м (рис. 3). В средние века на горе построен замок Альберг (рис. 2). Во время Тридцатилетней войны он был разрушен шведами. Сохранился только колодец и вал бывшей крепости. В 1913 г. в нижней части скалы обнаружены известняковые пещеры. Они являются местом обитания летучих мышей. Рядом с горой есть музей летучих мышей.

До Первой мировой войны Калькберг был собственностью прусского государства, которое каждый год получало большую прибыль от добычи и продажи гипса. После открытия пещеры прусское министер-

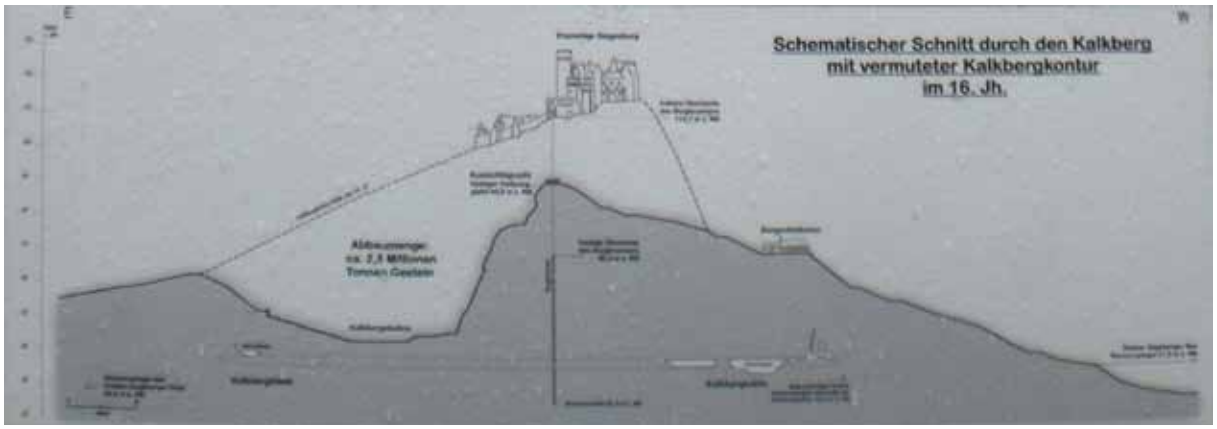


Рис. 3. Современный (сплошная линия) и средневековый (пунктирная линия) профили г. Калькберг.

Рис. 4. Вид на стадион города Калькберг с трибуны.

Рис. 5. Схема г. Калькберг со стадионом и реклама фестиваля Карла Мая.

Рис. 6. Пример экспозиции горных пород, слагающих г. Калькберг: гипс, ангидрит, каменная соль. Слева – вывеска с названием горных пород, справа – сами горные породы.

ство промышленности и торговли согласилось на открытую разработку гипса с долгосрочными ограничениями и защитой пещеры со стороны г. Бад Зегеберг. Наконец, Калькберг был куплен городом в 1922 г. Осознание необходимости сохранения горы пришло довольно поздно: горные работы прекратились только в 1931 г. На протяжении многих лет гора потеряла две трети своей первоначальной массы (рис. 3).

В 1934-1937 гг. по распоряжению Службы труда в углублении от добычи гипса построен стадион города Калькберг (рис. 4). Он представляет собой открытую сцену и трибуны на 7800 мест. С 1952 г. здесь ежегодно проводится фестиваль Карла Мая – немецкого писателя, поэта, композитора, автора знаменитых приключенческих романов для юношества, многие из которых экранизированы, в том числе на киностудии ДЭФА (ГДР) с участием хорошо известного советским кинозрителям югославского актера Гойко Митича. Актер несколько десятилетий руководит труппой, показывающей представления о жизни индейцев во времена «Дикого Запада» (рис. 5).

В апреле 1942 г. остатки г. Калькберг и пещера объявлены памятником природы. В него были включены только открытое обнажение горы и горные породы непосредственно перед пещерой. Большая часть

пещеры были, таким образом, юридически не защищены. 18 сентября 1995 г. принято распоряжение о расширенной защите пещеры в полном объеме, а также Малого Зегебергского озера у подножия г. Калькберг, и перевод их в ранг заповедника. Таким образом, г. Калькберг, пещера и Малое Зегебергское озеро зафиксированы в этом распоряжении как единый охраняемый государством геологический объект.

Существует пешая тропа до площадки на вершине горы, которая является популярной смотровой площадкой. Вид с неё распространяется по всем возвышенностям земли Шлезвиг-Гольштейн, а в условиях хорошей видимости – до церквей Любека. Тропа (Gipfelweg) идет от края пещеры глубиной 43 м до вала бывшей крепости. Посещение горы и пещеры возможно с апреля по сентябрь. На верхней площадке г. Калькберг и около музея летучих мышей есть многочисленные постеры, на которых охарактеризованы геологическое строение горы, горные породы (рис. 6), этапы образования этого памятника природы.

У ИСТОКОВ КРАЕВЕДЧЕСКОГО ДВИЖЕНИЯ В ХИБИНАХ [1]

Дюжилов С.А.

Кольский филиал ПетрГУ, Апатиты, dyuz_arcticsu@mail.ru

Вопрос о краеведения в Кировско-Апатитском регионе в довоенный период не нашел до сих пор отражения в мурмановедении. В книге известного историка А.А. Киселёва «Записки краеведа» обозначены лишь некоторые факты и отдельные имена, связанные с «появлением очага родиноведения в Хибинах». Между тем, с рождением апатитовой промышленности здесь развернулась уникальная по форме и содержанию краеведческая работа под руководством выборного комитета, положительная оценка деятельности которого дана в постановлении президиума Центрального бюро краеведения.

Ведущим направлением краеведческой работы в Хибинах в начале 1930-х стал пролетарский туризм. В то время путешествиям и экскурсиям в нашей стране придавалось большое познавательно-воспитательное и политико-идеологическое значение. «Чтобы лучше строить СССР, надо его знать, чтобы лучше знать – будьте туристами» – таким был один из основных лозунгов пролетарского туризма. (Отметим, что в 1930-е не было четкого деления путешествующих на туристов и экскурсантов.) Пролетарский туризм тогда был призван всеми мерами и способами содействовать изучению и освоению территорий «без имени и звания», «вооружить трудящихся пафосом новостройки» и вовлечь их в работу по обмену прогрессивными методами труда. Хибинские тундры как нельзя лучше отвечали решению поставленных задач.

Первые туристы появились в Хибинских горах летом 1924 г., когда группе старшеклассников 168-й школы Ленинграда под руководством проф. Боча и ассистента Лесного института по кафедре геологии В.Ф. Землякова удалось пройти по маршруту ст. Имандра – Маннепахк – Путеличорр – долина р. Куний-ок. Участники экскурсии в центральную часть Хибин по её итогам подготовили школьные доклады, часть которых вместе с фотографиями и рисунками демонстрировалась на городской выставке.

С созданием в 1930 г. Всесоюзного добровольного общества пролетарского туризма и экскурсий (ОПТЭ) во многих уголках Советского Союза начали складываться туристические ячейки. Не стали исключением и Хибины, где с 4 января 1932 г. проводились организационные собрания местных почитателей туризма. Вскоре на их основе в Хибиногорске была создана организация ОПТЭ, избран ее руководящий орган – горсовет. Общество занималось организацией спортивных мероприятий, решало вопросы по размещению гостей и участников подобного рода мероприятий, проводило публично-агитационную работу. Часто ОПТЭ устраивало так называемые «массовки» – соревнования среди жителей поселков района. Об одном из них – лыжном пробеге к ущелью Рамзая – рассказала газета «Хибиногорский рабочий».

В связи с увеличением потока туристов в район Хибинской новостройки остро встала проблема с их размещением и качественным обслуживанием. 10 апреля 1932 г. в присутствии делегатов I Полярной конференции и представителей общественных и партийных организаций Хибиногорска состоялось торжественное открытие базы ОПТЭ, которая в дальнейшем была преобразована в Дом туриста. Находилась она на берегу р. Вудъяврйок недалеко от оз. Большой Вудъявр, в 6 км от г. Хибиногорска. В настоящее

[1] По материалам доклада на научно-практической конференции «Кировск и Апатиты. Малые города – большая история: работа с архивными, библиотечными, музейными документами по краеведению» в Государственном архиве Мурманской области в г. Кировске 24-25 октября 2011 г.

время на этом месте располагается профилакторий «Тирвас». О значимости произошедшего события говорили в приветственных речах первый секретарь Хибиногорского горкома ВКП (б) П.П. Семячкин и акад. А.Е. Ферсман. Прокурор города Н.И. Захаров, вполне в духе того времени, так сформулировал основную задачу туристического учреждения: «База должна предоставить трудящимся отдых активный и полезный, но это только часть работы. На карте есть белые пятна, туристы должны помочь, вместе с разведывательными организациями, заполнить эти пустоты, должны стать активными участниками разведки недр». К организации массового похода за сырьем призвал туристов через газету «Хибиногорский рабочий» геолог П.Ф. Семеров: «Мы изучим местные минералы, научимся читать карты, сделаем первые вылазки под руководством специалистов, и будем искать новые месторождения».

17 апреля 1932 г. на базе ОПТЭ состоялась первая городская конференция туристов Хибиногорска. На ней обсуждались вопросы организации отдыха трудящихся, планы будущих соревнований, проблемы безопасности и спасения в случае чрезвычайных происшествий. На конференции был также избран горсовет ОПТЭ в составе Захарова, Семерова, Тавлеева, Соколова, Шимянского и др. Почетными членами стали прокурор РСФСР Н.В. Крыленко, а также организатор и вдохновитель массового краеведении акад. А.Е. Ферсман. Тогда же здесь была открыта база шестого дня отдыха. Первыми ее посетителями стали 40 ударников производства. В Доме туриста был свой распорядок дня: 8-9 час. – подъём, туалет; 9-10 час. – завтрак; 10-16 час. – экскурсии на объекты; 16-17 час. – обед; с 17 час. – туристические вылазки; 21-22 час. – ужин и культурные мероприятия; с 23-24 час. – сон. При выходе в горы туристу выдавали карты и продуктовый паек. Один день пребывания здесь стоил 20 руб.

В 1930-х Хибинская база ОПТЭ пользовалась заслуженным признанием среди туристов, путешественников и спортсменов. Свидетельством тому могут служить отзывы посетителей: «Природу Севера не променяю ни на один уголок Кавказа. Здесь гораздо приятнее посидеть на берегу реки или, забравшись на гору, с наслаждением отдохнуть после подъёма. Это закаляет и укрепляет организм человека. С Севера всегда приезжаешь бодрым и сильным. Меня Север манит и зовёт в объятия своих просторов».

В 1935 г. была поставлена задача сделать туристический отдых в Хибинах массовым. С этой целью при ОПТЭ организовали палаточный городок на 60 человек. Именно отсюда начинались многочисленные экскурсии и путешествия с участием рабочих рудника и обогатительной фабрики по родному краю и в соседние регионы. Приведём описания некоторых маршрутов. Походы:

1. Кировск, ст. Титан, ст. Апатиты, ЮЗ берег Умбозера (поиски известняка, доломита, флюорита).
2. Кировск, ст. Апатиты, пос. Белый, ЮВ берег оз. Имандра (поиски глины, известняка, диабаза).
   Экспедиции:
   а) Кировск – Кандалакша – побережье Турьего мыса – Медвежий о-в – арх. Кандалакшского залива (исследование старинных рудников, поиски свинца и серебра, кремня, становищ первобытного человека);
   б) Кировск – Кандалакша – побережье Турьего мыса – р. Жемчужная (поиски жемчуга, перламутра).
3. Кировск – Умбозеро – р. Умба – с. Умба (описание маршрута, геосъемка, обследование месторождений известняка).
4. Кировск – Умбозеро – Капустные озера (геосъемка, описание маршрута, поисковые работы).
5. Кировск – Хибинские тундры – Умбозеро (вокруг озера, гео- и топосъемка, описание маршрута, поисковая работа, изыскание земель под сельское хозяйство).
6. Кировск – северная оконечность Хибинской тундры – Маннепахк – Лявочорр – Литовар (гео- и топосъемка, поиски лопарита, тантала, ниобия).
7. Кировск – Кандалакша – по Белому морю до дер. Сосновка и вверх до р. Пурнач (исследование района, гео- и топосъемка, проверка правильности нанесения на карту р. Пурнач, поисковые работы).
8. Кировск – Уполокша – Бабинский погост, дер. Кола (социально-экономическое обследование, записи саамского фольклора, описание маршрута, гео- и топосъемка, описание маршрута).

В январе 1935 г. на базе побывали альпинисты-покорители Эльбруса (10 человек), в июне того же года – участники велопробега Ленинград – Мурманск – Ленинград. При участии ОПТЭ впервые в Хибинах проходили альпинистские соревнования (февраль 1935 г.), соревнования по слалому (февраль 1936 г.), Всесоюзные соревнования горнолыжников (с заявкой на них австрийца Августа Дербене) и по конькобежному спорту (апрель 1937 г.), женский лыжный переход в честь X съезда ВЛКСМ по маршруту Кировск – Ленинград (1935 г.), а также первый арктический маршрут на о-ва Баренцева моря, о-ва Колгуев, Вайгач, Новую Землю и Мурманское побережье с целью приобщения советских людей к наследию Арктики.

О результатах деятельности ОПТЭ в организации досуга трудящихся постоянно информировала читателей газета «Кировский рабочий». Так в течение лета 1932 г. база пропустила около трех тысяч человек. В 1935 г. за три весенних месяца (15 марта – 15 мая) Кировским райсоветом ОПТЭ проведено 62 экскурсии на предприятия г. Кировска, в Дом туриста и на Нивскую ГЭС, в которых приняли участие 1218 человек. В июне 1935 г. в Кировске появилась детская экскурсионно-туристическая база. Райсоветом ОПТЭ разработаны два детских маршрута. Для школьников 11 и 13 лет намечалось проводить регулярные экскурсии к ущелью Рамзая через базу ОПТЭ с подъёмом на вершину г. Айкуайвентчорр. Для учащихся старших классов осуществлялись походы к Умбозеру и его окрестностям.

Экскурсионно-туристическая деятельность ОПТЭ тесно сочеталась с широкой пропагандой достижений научной мысли Заполярья. Научные сотрудники Кольской базы неоднократно выступали перед трудящимися района с докладами по краеведческой тематике. В 1934 г. ими проведено 17 докладов и бесед. За три года существования Ботанического сада его учеными прочитано свыше 20 лекций в рабочих клубах и на базе ОПТЭ. В марте 1936 г. климатолог А.П. Павлов выступил с докладом по радио в Мурманске о климате Кольского п-ова, в мае – в Кировском Доме пионеров. Во время приездов на Кольскую базу акад. А.Е. Ферсман систематически информировал общественность Хибин о проблемах развития края.

Определённую роль в познании кировчанами окружающего их микромира сыграла кружковая работа Кольской базы. Конечно, она требовала более подготовленной аудитории. В рамках научного кружка, организованного хибинскими учеными летом 1936 г., регулярно проводились занятия с участием специалистов хозяйственных организаций г. Кировска и его поселков. Только в первый год вниманию слушателей было предложено 17 докладов, которые подготовили 14 научных сотрудников. Среди них: проф. П.Н. Чирвинский, Н.А. Аврорин, И.Д. Борнеман-Старынкевич, В.Ю. Фридолин, Б.М. Куплетский и др. В 1937 г. на Кольской базе начал работу еще один кружок, который посещали главным образом молодые рабочие, ученики по цветоводству и наблюдатели. Программа была рассчитана на ознакомление с основами химии, ботаники и агропочвоведения.

Широкое распространение среди населения Хибин в 1930-е годы получила такая форма краеведческого образования как рабочие университеты шестого дня отдыха. Им предшествовала организация для трудящихся общедоступных лекций в выходной день с использованием «волшебного фонаря», демонстрацией минералогических коллекций, показом опытов, проведением экскурсий. Они пользовались большим успехом среди жителей Хибиногорска. Возникла потребность в организации систематических занятий просветительского характера. В городе появились афиши, извещавшие об открытии университета. Программа занятий включала в себя и региональный компонент. В конце курса слушатели, отчитавшись в полученных знаниях, получали документ.

К 15-й годовщине Октябрьской революции горком партии решил открыть два университета – в Хибиногорске и рудничном поселке – на 250 человек. Доступ в них был свободный, но предпочтение отдавалось молодёжи и передовикам производства. «Основной целью университета – указывалось в решении горкома ВКП (б) – является не только сообщение предусмотренных программой научно-популярных сведений, но и перевоспитание слушателя, борьба с остатками собственнической психологии, подготовка из него участника и строителя бесклассового общества». Всеми делами рабочего университета, в том числе и комплектованием, ведало общественное правление.

6 июля 1933 г. в Хибинах создан Рабочий краеведческий Экскурсионный университет шестого дня отдыха (КРЭКСУ-6). Первое подобного рода учреждение в стране должно было способствовать формированию у населения чувства сопричастности к своей «малой Родине». Тогда же при нём организовано краеведческое отделение для педагогов города с целью изучения истории Мурманского края. Только в 1933 г. здесь прошли полный курс обучения 60 учителей, что позволило им с успехом переработать школьные учебные программы, наполнив их краеведческим материалом. Всего же в летние месяцы краеведческий университет собирал аудиторию в 200 и более человек. Популярность этой формы краеведческого образования вполне объяснима: лекторами здесь часто выступали выдающиеся учёные и крупные хозяйственники.

Важное место в краеведческой работе в Хибинах отводилось местным музеям. Уже в 1930 г. при открытии Хибинской горной станции была устроена выставка-музей съехавшимися сюда экспедиционными отрядами Академии наук. Она включала в себя собрание живых растений местной флоры и коллекцию образцов горных пород Кольского п-ова. После реорганизации музея Кольской базы в 1934 г. экспонируемые материалы разместили по четырём разделам: историко-географический, минералого-петрографический,

почвенно-ботанический и биоценотический. Экспозиция минеральных ресурсов края делилась на подразделы: геохимия щелочного массива Хибин, петрография щелочных и основных пород Кольского п-ова, полезные ископаемые Хибин и окрестных районов, технология апатита и нефелина. Материалы почвенно-ботанического раздела были систематизированы по следующим тематическим рубрикам: состояние и перспективы почвенно-ботанического изучения Кольского п-ова, полезные дикорастущие растения края, растительность и почвы Хибин, Полярно-альпийский ботанический сад, его задачи и работа.

Ежегодно учёные Хибинского стационара обслуживали несколько тысяч туристов со всех концов Советского Союза. Экскурсантов знакомили с географией и историей региона, его природными богатствами и их использованием. Наибольшее количество посещений приходилось на Ботанический сад. Эта рукотворная «жемчужина» края никого не могла оставить равнодушным. Среди посетителей Ботанического сада было немало местных педагогов, заинтересованных в различных формах сотрудничества с его научными сотрудниками. Так, педагоги Смирнова, Ильинская, Рабчич отмечали: «Мы, учителя биологии средних школ, часто в своей работе пользуемся услугами Ботанического сада. Здесь мы находим ценный материал для своих занятий, получаем консультацию по интересующим нас вопросам, узнаём о флоре не только местной, но и других районов и областей Союза. Это помогает оживить урок». Ботанический сад стал своеобразным учебным цехом для десятков старшеклассников. Об одном из таких «походов за знаниями» учащихся на Кольскую базу газета «Кировский рабочий» сообщала: «20 учащихся старших классов кировских школ совершают поездки в Ботанический сад. Они занимаются сбором растений хибинской флоры, из которых будет составлен гербарий для использования его как учебного пособия в школах. Учащиеся проводят в Ботаническом саду время с 10 часов утра до 4 часов вечера. Они там обеспечены питанием. Каждому сбору растений предшествуют лекции научных работников Ботанического сада».

Музей и «живой гербарий» Кольской базы были не единственными «рассадниками» краеведных знаний среди местного населения. На основании решений Кукисвумчоррского поселкового Совета и Кировского городского Совета (постановление от 20 декабря 1934 г.) в Хибинах организован краеведческий музей. Непосредственно его открытие состоялось 1 мая 1935 г. Музей создан как мемориальный домик Кирова, в котором Сергей Миронович провел историческое совещание, предопределившее судьбу Хибин. Это первый мемориальный музей С.М. Кирова в нашей стране. В день открытия на фасаде домика помещены большой портрет С.М. Кирова и мемориальная доска. Внутри здания оформлена выставка, посвященная роли первого секретаря Ленинградского обкома партии в освоении Севера. Вот что об этом событии писала газета «Кировский рабочий»: «Домик Кирова в поселке горняков – чудесный памятник тов. Кирову. Внутреннее оформление сделано прекрасно. Макет домика, стоящий в одной из его комнат, дает полное представление о его первоначальном виде. Домик Кирова должен будет обслуживать экскурсии трудящихся Кировска и приезжающих в него экскурсантов. В домике будет сосредоточен весь собранный материал по истории Кировска».

Именно тогда, в 1935 г. началась огромная поисковая работа по сбору материалов, экспонатов, документов, отражающих историю Кировска. Много сделал в этом отношении ответственный секретарь комиссии по истории Хибин Ю.И. Перцович. Он окончил Новороссийскую мужскую гимназию, учился в университетах на Кубани и в Петербурге, затем в институте истории искусств. Работал в Петрограде – в газете, на заводе. С 1934 по 1941 гг. был директором дома-музея С.М. Кирова. В годы войны находился на Карело-Мурманской фронте, а после её окончания вновь стал директором музея, но уже в Мурманске. Под руководством Ю.И. создана музейная экспозиция, которая пользовалась большим интересом у посетителей. При первом директоре во второй половине 1930-х не только был поднят вопрос о возведении нового здания музея, но и начато его строительство. Начавшаяся война прервала деятельность музея.

В 1930-х развернулась работа по созданию краеведческой литературы о Хибинах. Постановлением Бюро Хибиногорского горкома ВКП (б) от 3 декабря 1931 г. создана комиссия по истории Апатитовых разработок. В неё вошли: Горелов, Ферсман, Фивег, Цагарелли и Еремкин. Редактором комиссии стал писатель и литературовед А.Е. Горелов, стоявший у истоков создания газеты «Кировский рабочий». Именно благодаря его усилиям на страницах старейшего печатного органа района развернулась широкая пропаганда краеведения, началось собирание краеведческих квалифицированных сил вокруг выборного комитета. Активными авторами газеты стали акад. А.Е. Ферсман, проф. П.Н. Чирвинский, геолог П.Ф. Семеров, секретарь горкома А.А. Таничев, управляющий трестом В.И. Кондриков, директор Полярной опытной станции И.Г. Эйхфельд, поэты Л. Ошанин и А.В. Решетов. Тем самым была подготовлена база для развертывания краеведческой работы в районе новостройки.

По-видимому, первым справочным изданием по Хибинам можно считать «Путеводитель по Хибинской тундре», вышедший при содействии Академии наук в 1931 г. Авторы книги (15 человек) осветили геологическое строение, геохимию, минералогию, климат, флору и фауну Хибинских тундр, пристальное внимание уделили строительству Хибиногорска и предприятий апатитовой промышленности. В работе представлены перечень и описание туристических маршрутов, краткий словарь лопарских слов, список литературы о Хибинах. Не менее важным событием для местного краеведения стало издание сборника «Большевики победили тундру» (1932 г.), а также появление в 1933 г. книги журналиста Б. Левитеса «Город в тундре».

30 июля 1934 г. по инициативе Хибиногорского горкома ВКП (б) впервые собралась комиссия по собиранию и подготовке материалов для «Истории Хибиногорска», руководством к действию которой стал лозунг «Напишем книгу о великом покорении тундры!». В неё вошли: от горсовета – Потапова, от Объединённого комитета горнорудников – Андрианов, от ГК ВЛКСМ – Скляров, от треста «Апатит» – Гебер, от редакции газеты «Хибиногорский рабочий» – Гордон, от Обогатительной фабрики – Аверин и Зуев, от рудника – Козлов и Богданов, от совхоза «Индустрия» – Гладышев. Постановлением Ленобкома председателем комиссии утверждён секретарь Хибиногорского горкома ВКП (б) П.П. Семячкин, ответственным секретарём и организатором сбора материалов – Ю.И. Перцович. Усилиями краеведов-подвижников создана библиография Хибин до 1934 г., отражающая жизнь района во всех её проявлениях; собрана обширная фототека, включающая в себя ценнейшие негативы треста «Апатит» (Рыбаков), «Новпромапатита» (Антонов, Певцов), ВИРа (Эйхфельд), Союзфлота (фотокорреспонденции журнала «СССР на стройке»); осуществлена запись воспоминаний пионеров освоения Кольского Севера. Предварительные итоги проделанной работы подвела I конференция по истории Хибиногорска 30 октября 1934 г. Газета «Хибиногорский рабочий» не только поместила материалы конференции, проект плана по истории города и примечания к нему, но и опубликовала «Летопись событий по истории Хибиногорска».

Подводя итог довоенным годам развития краеведения в Хибинах, можно отметить, что в нём уже в то время наметилась тенденция на формирование местного регионального сообщества, усилиями которого были широко внедрены в практику разнообразные формы краеведческой работы. Создание первого в стране краеведческого рабочего университета шестого дня отдыха, обслуживание массовых экскурсий базой ОПТЭ, организация музеев, пропаганда научных достижений, выпуск краеведческой литературы – все это, несомненно, обогатило мурманское краеведение.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

9. Киселев А.А. Записки краеведа. Мурманск, 2000. С. 46.
10. Баклановская М. Краеведение на Кольском п-ове // Карело-Мурманский край. 1935. № 7. С. 31.
11. Вперед на лыжи // Хибиногорский рабочий. 17 февраля 1932 г. С. 4.
12. Худобина В.С. Природу Севера не променяю… // Хибинский вестник. 17 апреля 2002 г. С. 6.
13. Первая конференция туристов // Хибиногорский рабочий. 23 апреля 1932 г. С. 2.
14. Кировский рабочий. 23 июня 1936 г. С. 4.
15. Баклановская М. Краеведение на Кольском п-ове // Карело-Мурманский край. 1935. № 7. С. 31-32.
16. Ждем помощи от организаций // Кировский рабочий. 28 ноября 193 г. С. 4.
17. ОПТЭ руководит турпоходами // Кировский рабочий. 22 мая 1935 г. С. 4.
18. НА КНЦ РАН. Ф. 1. Оп. 6. Д. 15. Л. 28; Д. 17. Л. 55; Д. 26. Л. 29.
19. НА КНЦ РАН. Ф. 1. Оп. 6. Д. 26. Л. 67- 69; Д. 30. Л. 15; Д. 45. Л. 10.
20. ЦГА СПб. Ф. 7444. Оп. 19. Д. 67. Л. 316; КФ ГАМО. Ф. 10. Оп. 1. Д. 2. Л. 92.
21. Гуткова Н.Н., Коровкин А.А. Музей станции // Хибинская горная станция. Сб. статей. Л., 1934. С. 33.
22. НА КНЦ РАН. Ф. 1. Оп. 6. Д. 30. Л. 55, 127.
23. Кировский рабочий. 6 сентября 1935 г. С. 2.
24. Хибиногорский рабочий. 11 декабря 1931 г. С. 2.
25. Путеводитель по Хибинской тундре. Л., 1931.
26. Хибиногорский рабочий. 9 августа 1934 г. С. 2; 27 ноября 1934 г. С. 2.
27. Хибиногорский рабочий. 23 ноября – 27 декабря 1934 г.

МУЗЕЙНОЕ СОБРАНИЕ ГОСУДАРСТВЕННОГО ГЕОЛОГИЧЕСКОГО МУЗЕЯ РАН

Кандинов М.Н., Смолькин В.Ф.
ГГМ РАН, Москва, vsmolkin@sgm.ru

Музейное собрание Государственного геологического музея им. В.И. Вернадского РАН формировалось на протяжении более 250 лет трудами многих поколений известнейших учёных, геологов и коллекционеров-меценатов. В настоящее время оно насчитывает около 260 тыс. музейных предметов и относится к уникальным собраниям естественно-научного профиля, входящим в Музейный фонд РФ.

Музей ведёт своё начало от уникальной коллекции минералов в 6 тыс. предметов, переданной в дар Императорскому Московскому университету в год его основания (1755 г.) горнопромышленниками династии Демидовых. Большую часть её составлял «Минералогический кабинет» проф. И. Генкеля из Фрайберга (Саксония), дополненный образцами уральских и сибирских руд. Коллекция была доставлена в Москву в 1759 г. и первоначально располагалась в библиотеке (Аптечный дом). Её первая опись была сделана в 1770 г. заведующим кабинетом М.И. Афониным. В 1791 г. на основе коллекций кабинета образован Музей натуральной истории, открытый для широкой публики в 1805 г., для которого было выделено отдельное помещение в Главном здании университета. В последующем Музей многократно менял структуру, что было обусловлено формированием новых направлений в геологии. Первые полные данные о музейных предметах содержатся в «Каталоге минералогического кабинета Большого и Малого при Императорском Московском университете», составленного проф. Г.Е. Щуровским в 1858 г. До 1930 г. музей входил в состав Московского университета, с 1930 по 1987 гг. – Московского геологоразведочного института им. С. Орджоникидзе (МГРИ). В конце 1987 г. Музей воссоздан по постановлению Правительства как общедоступный с функциями просвещения и образования со статусом государственного учреждения, а в 1988 г. он вошёл в состав Российской академии наук и получил современное название, что определило новый этап в его длительной истории. Располагается Музей в центре Москвы, в здании, построенном по инициативе В.И. Вернадского и А.П. Павлова архитектором Р.И. Клейном в 1914-1918 гг. (рис. 1).

Рис. 1. Здание Государственного геологического музея им. В.И. Вернадского. Вид с стороны Манежной площади.

В настоящее время основной фонд Музея включает в себя несколько инвентарных групп, отражающих всё разнообразие музейных предметов, сохраняемых музеем: минералы; горные породы и руды; беспозвоночные ископаемые организмы; позвоночные ископаемые организмы; палеофлора; изделия и мемориальные предметы; письменные источники.

Группа «Минералы» содержит 60 тыс. единиц хранения, из которых 40 тыс. характеризуют более 1000 известных минеральных видов, что составляет более 1/4 известных на Земле. Это позволяет отнести минералогическое собрание Музея к крупнейшему собранию мира. Особый интерес представляют «минералогические раритеты» из уже исчезнувших месторождений, разрабатывавшихся в XVIII-XIX вв. Среди них одна из самых представительных и уникальных в России коллекция уральского малахита (более 700 предметов), которая включает монолит малахита (74×70×50 см) весом более 300 кг из Полевского или Меднорудянского месторождений Урала. 3 уникальных образца самородной меди общим весом более 500 кг доставлены из рудников купца Попова (Казахстан). А огромный кристалл флогопита весом около 1 т добыт на Слюдянском руднике в Ю. Забайкалье и передан в Музей в 1929 г.

Палеонтологическое собрание Музея, насчитывающее более 150 тыс. предметов, состоит из трёх крупных разделов – ископаемые беспозвоночные, ископаемые позвоночные и ископаемые растения. Наиболее значительное место по представительности занимает коллекция ископаемых беспозвоночных – брахиопод, двустворчатых и головоногих моллюсков, аммонитов и др., которые характеризуют все этапы их развития на Земле, а география их сборов охватывает все материки, за исключением Антарктиды. Одна из крупных коллекций беспозвоночных была собрана Г.А. Траутшольдом (более 1800 предметов). Предметом гордости Музея является коллекция сланцев из Золенгофена с отпечатками беспозвоночных и рыб (около 1500 образцов), приобретенная в 1876 г. у пастора Рудкля. Собрание позвоночных животных содержит коллекции рыб от раннего палеозоя до позднего кайнозоя. Коллекции тетропод (низших четвероногих) не велики, но содержат очень редкие материалы по ихтиозаврам, а также полный скелет *Ichthyosausus quadriscissus* (298×90×8 см) в сланце из Гольцмадена (Германия).

Коллекции млекопитающих характеризуют образцы из десятков классических местонахождений Зап. Европы, Сев. Америки, Европейской части России и Сибири. В Музее хранятся материалы Ф.В. Фролова из неогеновых отложений юга Русской платформы, коллекции эволюциониста В.О. Ковалевского из Германии, Франции, Великобритании, США, Греции и других регионов, сборы позвоночных М.В. Павловой, которые охватывают плейстоценовую фауну России и зарубежных стран.

Коллекция остатков ископаемых растений начала формироваться в первой половине XIX в. Она характеризовала преимущественно флору европейских стран. В середине XIX в. Вангенгеймом фон Кваленом в музей переданы интереснейшие коллекции остатков пермских растений из Приуралья, горным инженером Александром фон Гелером – одна из первых коллекций каменноугольной флоры Донецкого бассейна. Уже в наше время (в 1993 г.) Геологический институт РАН передал в Музей более 300 коллекций остатков ископаемых растений из кайнозойских, мезозойских и палеозойских отложений Кавказа, Приуралья, Сибири, Д. Востока, Казахстана, Ср. Азии и Монголии. Это сделало палеоботаническое собрание Музея одним из самых представительных в мире.

Особое место в палеонтологической части собрания Музея занимают монографические коллекции к печатным работам А.П. Павлова, М.В. Павловой, С.Д. Архангельского, Д.П. Стремоухова, Г.А. Траутшольда, Р. Мурчисона, А.Н. Краснова и других выдающихся палеонтологов. Этот фонд начал пополняться в середине XIX в. с поступления коллекций К.Ф. Рулье (1844 г.), и Г.И. Фишера фон Вальдгейма (1849 г).

Группа «Горные породы и руды» (более 20 тыс. предметов) содержит уникальные коллекции – вулканических пород Везувия, приобретенная графом С.Г. Строгоновым и переданная в 1841 г., пород и руд, собранных в конце XIX – начале XX в. русскими геологами Д.Н. Анучиным, А.О. Шкляревским и акад. В.И. Вернадским (более 400 предметов), метеоритов, включающая фрагменты более 70 метеоритов со всех континентов Земли на протяжении более чем 200 лет. В собрании Музея есть необычные стёкла – тектиты (застывшие «брызги» огненного расплава из астроблем), фульгуриты – следы молнии, тенгизиты – «стеклянные породы», возникшие при пожаре на нефтяном месторождении Тенгиз в Казахстане, и другие редкости. Систематическая коллекция руд (более 10 тыс. предметов) содержит образцы почти из всех месторождений бывшего СССР.

«Золотым» фондом Музея являются сохраняемые им собрания крупных частных коллекционеров: Е.П. Ковалевского (министра народного просвещения), графа Г.К. Разумовского, графа С.Г. Строганова, Р. Германа, Л.П. Прохоровой, князей Гагариных, графа А.Ф. Келлера и др. Благодаря академикам А.П. Павлову и В.И. Вернадскому в Музей передана из Публичного Румянцевского музея коллекция графа Н.П. Румянцева – около 5 тыс. предметов.

Рис. 2. Кристаллы родонита. Перу. 2.4×1.8×1.5 см. ГГМ ВХ. № М-0355.

Рис. 3. Серебро самородное «проволочное». Марокко. 7×6×4 см. ГГМ ВХ. № М-0058.

Сегодня меценатство в нашей стране начинает возрождаться. В Музее выставляются коллекции агатов и аметистов из Бразилии П. Ровиса (Италия), уральских минералов директора частного музея В.А. Пелепенко (г. Екатеринбург), крупная (более 1600 предметов) коллекция политического деятеля и коллекционера С.М. Миронова. Собранная им на протяжении многих лет коллекция охватывает различные стороны геологии. В ней представлены окаменевшие остатки животных и растений, метеориты, упавшие в самых различных регионах мира, изделия из драгоценных и полудрагоценных камней. Наибольшую ценность представляют коллекционные образцы минералов и руд из многих российских и зарубежных месторождений (рис. 2, 3).

В Музее содержится большая коллекция пород, руд и минералов (около 2000 ед. хр.) Кольского региона. Она включает образцы, привезённые экспедициями АН СССР (1922-1928 гг.). Часть сборов при-

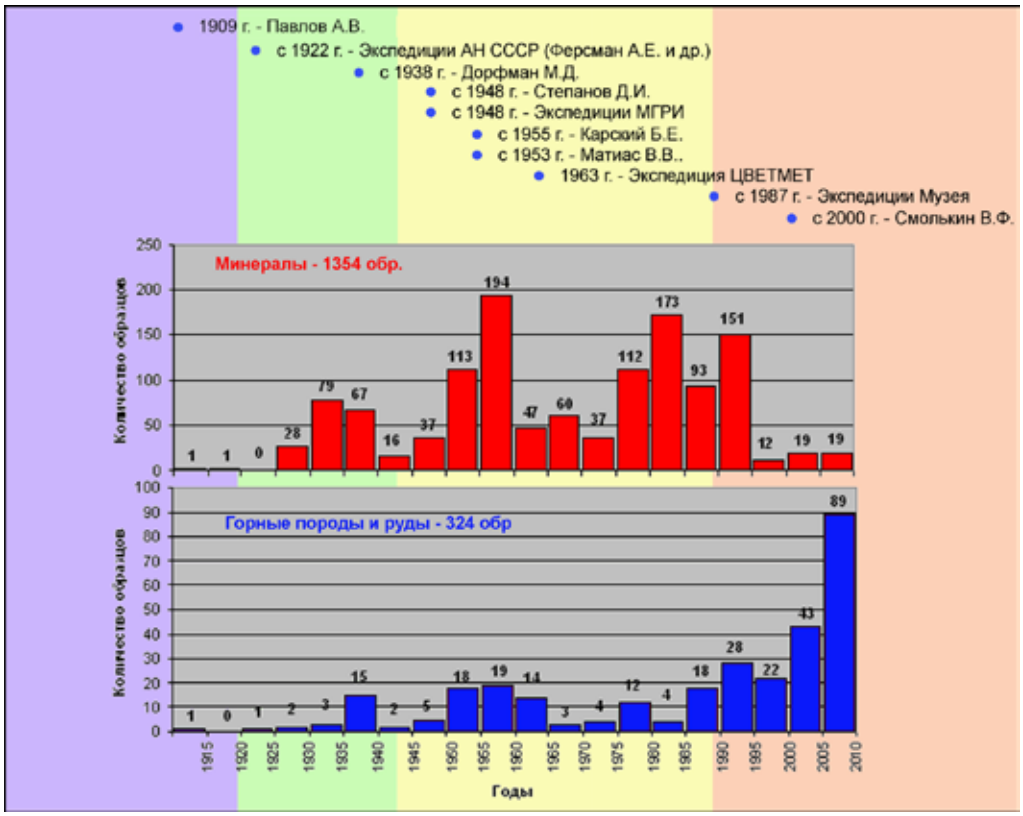


Рис. 4. Динамика поступления образцов пород, руд и минералов Кольского региона в музейное собрание ГГМ РАН.

надлежит непосредственно акад. А.Е. Ферсману. Образцы 1938-1953 гг. принадлежат многим геологам Московского геологоразведочного института, проводившим работы на Кольском п-ове (М.Д. Дорфман, Д.И. Степанов, Б.Е. Карский, В.В. Матиас и др., рис. 4). В 1990-2012 гг. коллекция пополнялась усилиями сотрудников ГГМ РАН.

Особый интерес для истории представляет первый образец с Кольского п-ова, переданный в 1909 г. в Музей профессором кафедры геологии Московского университета А.В. Павловым (1869-1947). Образец представляет собой нефелиновый сиенит с кварц-сфалеритовым прожилком с привязкой – Мурманский берег, что вызывает много вопросов. Как попал к нему этот образец, мы не представляем. А.В. Павлов много путешествовал, неоднократно бывал в Европе и мог привести его оттуда. В 1910-1914 гг. он был сотрудником Комиссии по исследованию фосфоритов. Важно другое. Авторам предстоит исторический поиск, в результате которого, возможно, откроется ещё одна страничка истории нашей страны.

ИЗ ИСТОРИИ ВЕЧЕРНЕГО ФАКУЛЬТЕТА ЛГИ В г. КИРОВСКЕ. 1959-2003 гг. [1]

Красоткин И.С.

Кольский филиал ПетрГУ, Апатиты

Материал подготовлен на основе личных воспоминаний автора, работавшего на факультете с 1987 по 2003 гг. преподавателем химии и зам. декана, бесед с преподавателями факультета и его выпускниками разных лет, разрозненных материалов архива СПГГУ, буклетов, выпущенных в 1979 г. и 1984 г. к 20- и 25-летию факультета. По существу, это первая попытка дать общую картину и оценку деятельности факультета.

Вечерний факультет ЛГИ им. Г.В. Плеханова работал в Кировске 44 года. Его деятельность – заметная страница в истории Кировска и Апатитов. В его стенах за все годы учились около 3500 студентов (3% нынешнего населения двух городов). К 1979 г. половина всех руководящих работников ПО «Апатит» высшего и среднего звена прошла учёбу на вечернем факультете ЛГИ. Как написал в альбоме отзывов один из выпускников Н. Устинов на встрече, посвящённой 25-летию факультета в 1984 г.: «Я очень благодарен факультету и преподавательскому составу за предоставленную возможность одновременно учиться, работать и жить нормальной семейной жизнью». Кроме того, вечерний факультет ЛГИ был одним из культурных центров региона. Общение с высококвалифицированными преподавателями и сама учёба способствовали расширению профессионального и интеллектуального уровня студентов, формированию личности, постоянному стремлению к знаниям. А ведь это были зрелые семейные люди, стремящиеся к карьерному росту, имеющие цель – обеспечить себе и своей семье достойную жизнь.

15 июля 1959 г. был издан приказ № 35 по Министерству высшего и среднего специального образования СССР об организации вечернего факультета ЛГИ в Кировске. Его открытие было обусловлено как внешними (общая политика руководства страны в сфере образования), так и региональными причинами. Хибинский горнопромышленный регион в те годы динамично развивался. Были пущены Юкспорский рудник и тоннель, рудник Расвумчорр, разворачивалось строительство Центрального рудника и АНОФ-2. Нужны были новые инженерные кадры, имеющие опыт работы на северных горных и обогатительных предприятиях. Комбинат «Апатит» был кровно заинтересован в подготовке инженеров именно из своих действующих работников без отрыва от производства, что было в создавшейся ситуации наиболее рациональным. Комбинат оказывал факультету во все годы его работы не только моральную поддержку, но и полноценную финансовую помощь: за свой счёт строил и содержал здание, закупал для лаборатории современные приборы, реактивы, материалы, а в трудные 1990-е гг. даже оплачивал командировки преподавателей ЛГИ в г. Кировск. Головной вуз только выплачивал зарплату кировским преподавателям и техническому персоналу, помогал в комплектовании библиотеки и лабораторий.

В истории факультета можно выделить три периода: становление (1959-1968), развитие (1968-1981) и зрелость (1981-2003). Первый период был наиболее трудным: факультет лихорадило, менялось руковод-

[1] По материалам доклада на научно-практической конференции «Кировск и Апатиты. Малые города – большая история: работа с архивными, библиотечными, музейными документами по краеведению» в Государственном архиве Мурманской области в г. Кировске 24-25 октября 2011 г.

ство, не было своей учебной базы. Лекции и практические занятия проходили в классах техучёбы АНОФ-1, лабораторные занятия по физике, химии, электротехнике и др. дисциплинам – в лабораториях Кировского горно-химического техникума. Неизменной была поддержка руководства комбината «Апатит» и города – генерального директора Г.А. Голованова, главного инженера В.В. Гущина, председателя горисполкома В.И. Кирова. Энтузиазм студентов был выдающимся, дисциплина – идеальная, на лекциях – абсолютное внимание, посещаемость – более 90 %, в классах не хватало мест! Занятия шли в две смены, утром – для трудившихся в вечернюю и ночную смены, после ночи работы зачастую утром студенты шли на занятия! Вначале обучение шло по горной и обогатительной специальности. Затем горная разделилась на две: «Технология подземной разработки МПИ» и «Открытые горные работы». Появились специальности «Горные машины и комплексы», «Горная электромеханика», «Шахтное и подземное строительство» (последняя привлекла многих работников треста «Апатитстрой»). Общая ориентация на подготовку специалистов, необходимых ПО «Апатит», постоянно сохранялась.

ЛГИ командировал в Кировск своих лучших преподавателей: по горному циклу – профессора В.Н. Семевский и Г.М. Головин (зав. кафедрой БВР), по обогатительному циклу – профессора К.А. Разумов и В.А. Перов, О.Н. Тихонов (будущий профессор и зав. кафедрой ОПИ). В 1965 г. состоялся первый на хибинской земле выпуск инженеров! Студенты-дипломники готовили свои проекты на втором этаже к/т «Большевик», где были установлены чертёжные кульманы. В этот период деканом факультета была преподаватель английского языка Л.Г. Белоликова, ею подписаны выписки из отчётных ведомостей с оценками. Руководителями дипломников были Г.А. Голованов у обогатителей и В.В. Гущин у горняков. Требования к дипломным работам предъявлялись весьма высокие. И вот родились первые 26 хибинских дипломов о высшем образовании. Среди специалистов первого выпуска М.Д. Клементьев, будущий начальник противолавинной службы, а затем ОК ПО «Апатит», С.В. Пузачев – начальник АНОФ-1, И.Ф. Чумаков – заместитель главного инженера Юкспорского рудника, П.М. Энтин – начальник лаборатории экономического анализа управления, В.Г. Тимофеев – автор пяти книг по истории Кировска и комбината и другие достойные работники. Отдельные выпускники этого и последующих периодов активно занимались впоследствии научной работой и защитили кандидатские диссертации: А.В. Крыжановский, А.М. Макаров, Л.А. Казанцева, В.С. Кожин, С.С. Наумов, А.М. Коптяев, а некоторые – и докторские: Ю.А. Епимахов и В.М. Тряпицин. Всего состоялось три выпуска в Кировске. А затем руководство ЛГИ разумно решило ограничить учебный процесс в Кировске тремя годами обучения по вечерней системе, чтобы не создавать отраслевые учебные лаборатории (дело очень трудное и хлопотное!) и не напрягать командировками ведущих преподавателей, а затем переводить студентов на заочное обучение на выпускающие кафедры в Ленинград для профессиональной подготовки и защиты дипломов.

Второй период в жизни факультета прочно связан с деятельностью С.Ф. Минаковой – декана в 1968-75 гг. Факультет, наконец, получил собственное помещение на ул. Лабунцова. Сформировался постоянный преподавательский состав: В.И. Николаев и О.С. Демидов (математика), М.И. Беркман (физика) – будущий зав. подготовительным отделением, человек широко известный в Кировске, Р.М. Антонова и Т.А. Калинина (иностранные языки), С.Ф. Минакова (философия, рис. 1), Ю.М. Лукьянов (инженерная графика), А.И. Иванов (электротехника).

Неугомонная в лучшем смысле этого слова, С.Ф. Минакова считала, что помещение не удовлетворяет высоким требованиям высшей школы, и направила всю свою энергию на строительство насто-

Рис. 1. Доцент С.Ф. Минакова читает лекцию по философии. 1976 г.

Рис. 2. Строится новое здание вечернего факультета. 1974 г.

ящего «храма знаний». Ей удалось почти невозможное: объединить в этом благородном деле усилия Г.А. Голованова, В.И. Кирова, управляющего трестом «Апатитстрой» В.К. Егорова и ректора ЛГИ проф. Л.Н. Келля. В 1974 г. вблизи Верхнего озера (ул. Ленинградская, 2) по специальному проекту было выстроено прекрасное здание с большими потоковыми аудиториями амфитеатром и просторными лабораториями. Делили его с конструкторским отделом (рис. 2).

С.Ф. Минакова вносила необходимые поправки в проект уже в ходе строительства, чтобы уйти от надоевшего примитивного стандарта «хрущёвских» зданий: менялась форма окон, использовалась рельефная штукатурка, появились фрески с научно-технической тематикой. В вестибюлях здания и холлах с помощью Полярно-альпийского ботанического сада были созданы подлинные оранжереи комнатных растений.

С.Ф. Минакова известна также своими социально-психологическими исследованиями студенческого коллектива и новыми формами работы (рис. 3). Анонимное целенаправленное анкетирование, обработка и обобщение данных привели её к философской концепции «Экология личности», в основе которой – идея гуманизации образования, социальных институтов и организаций. Её работы [1, 2] написаны логично, живым языком и интересны не только философам и социологам, но и самому широкому кругу читателей.

Рис. 3. Олимпиада ЛГИ по математике среди школьников Мурманской обл. Апрель 2000 г.

Судьба выпускников вечернего факультета ЛГИ складывалась по-разному: среди них были и научные работники, и коренные производственники (например, зам. генерального директора комбината по производству Б.П. Гайдамак, управляющие трестом «Апатитстрой» В.К. Егоров и В.Ф. Новиков, многие руководители среднего звена), но также главы Кировска и Апатитов В.И. Киров и В.Е. Бессмертный, партийные работники – секретарь Кировского горкома КПСС П.Н. Якимов, зам. секретаря парткома объединения Л.С. Крыжановская, директор ХТК А.М. Коптяев, председатель политсовета «Единой России» по Мурманской области В.И. Горин, депутат областной Думы О.Н. Алексеев.

После С.Ф. Минаковой деканом факультета стал доцент кафедры политэкономии И.И. Фрезен (1975-1981 гг.). При нём укрепилась материальная база факультета. Учебные лаборатории электротехники, молекулярной физики, сопротивления материалов, геологический кабинет были лучшими в Мурманской области.

В 1981 г. деканом вечернего факультета ЛГИ в г. Кировске был назначен доцент кафедры механики И.А. Беляев. Факультет вступил в период зрелости, наиболее плодотворный в его истории. Сложился стабильный, сильный преподавательский коллектив по общеобразовательным дисциплинам. Пришло новое поколение «коренных» преподавателей: А.С. Бойцов и В.А. Попов (математика), Л.А. Соболева и Н.Я. Вялых (иностранные языки), С.Ф. Попов (инженерная графика), О.А. Калач (философия), А.Н. Борисов (история) (рис. 4). Удалось пережить кризис 1990-х гг., даже сумели приобрести (за счёт ОАО

Рис. 4. Преподаватели и сотрудники вечернего факультета ЛГИ в г. Кировске. Октябрь 1987 г.

«Апатит») современный компьютерный класс. ЛГИ командировал свои лучшие кадры: в Кировск приезжали профессора А.И. Глазов, И.П. Тимофеев, И.Н. Белоглазов, доценты О.В. Кабанов, А.П. Баталов, Ю.П. Бойцов, М.Ш. Баркан, В.В. Захваткин и др. По предложению факультета выпускники ХТК принимались без экзаменов на обучение по родственным специальностям, что позволило сохранить контингент. В этот сложный период постоянную поддержку факультету оказывали директор ОАО «Апатит» по кадрам Ю.Н. Каретин и начальник ОК П.Н. Пысенков. В эти годы удалось привлечь на факультет в качестве преподавателей-совместителей ведущих работников КНЦ РАН. Читали лекции и вели практические занятия Ю.В. Демидов, Ю.Л. Войтеховский, А.И. Ракаев, А.А. Шестаков, А.А. Арыков, В.Н. Богатиков, И.П. Карначёв.

Конечно, не одними преподавателями был жив факультет. Добросовестно исполнял свои обязанности постоянный обслуживающий персонал (уборщицы, гардеробщицы) под руководством коменданта здания Р.А. Стакановой. Коллектив вечернего факультета был дружным, сплочённым: преподаватели, лаборанты, техники с уважением относились друг к другу. Важное значение имела работа инспектора факультета (традиционно чисто женская должность): составление расписания, ведение и оформление документации, постоянные контакты со студентами и преподавателями, борьба за контингент. Как хорошая хозяйка, инспектор всегда в работе – на ней держится «дом» (факультет). Первым инспектором на факультете была З.Л. Горновская. А в последний период (почти 20 лет) Татьяна Антоновна Ефимова.

В 1999 г. вечерний факультет в г. Кировске преобразован в филиал СПГГУ. К сожалению не только коллектива филиала, но и студентов, да и всех жителей Кировска, непредсказуемая стратегия развития высшего образования в России привела к закрытию филиала летом 2003 г. Вместо него было организовано малочисленное представительство СПГГУ в лице трёх работников во главе с И.А. Беляевым. В марте 2008 г. и оно было закрыто…

Так пал один из бастионов высшего образования на Кольском Севере. Новый поворот истории образования в Кировске – переход Хибинского технического колледжа в состав Санкт-Петербургского государственного горного университета, ныне – одного из ведущих вузов России. Но ощутимый вклад вечернего факультета ЛГИ в развитие Кировско-Апатитского региона не будет забыт.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Минакова С.Ф. Ищу личность. Л.: Лениздат, 1991. 176 с.
2. Минакова С.Ф. Предотвращение экологической катастрофы. Апатиты: МУП «Полиграф», 2000. 212 с.

К 95-ЛЕТИЮ ОКТЯБРЬСКОЙ ЖЕЛЕЗНОЙ ДОРОГИ: СТРАНИЦЫ ИСТОРИИ ПО АРХИВНЫМ ДОКУМЕНТАМ [1]

Макарова Е.И.

Научный архив КНЦ РАН, Апатиты, makarova@admksc.apatity.ru

В 2011 г. Октябрьская железная дорога отмечает 95-летие. Для нас сегодня привычно видеть уходящие за горизонт прочно положенные на бетонные шпалы стальные рельсы. Уже мало где увидишь деревянные шпалы, а изрыгающие дым громкоголосые паровозы давно уступили место локомотивам. Ежечасно по расписанию мчатся поезда с юга на север и обратно, обеспечивая грузооборот продукции промышленных предприятий Мурманской обл., перевозя ежесуточно десятки тысяч людей… Такой МЖД была не всегда, её хроника полна значимых и драматических событий, запечатлённых в архивных документах. Знакомство с некоторыми из них позволяет реконструировать историю научного и промышленного освоения Севера в 1920-1930 гг., когда на Кольском Севере за считанные десятилетия была создана высокоразвитая промышленная и социальная инфраструктура, в том числе Октябрьская железная дорога. Первоначально она называлась Мурманкой, поскольку её рождение тесно связано с рождением Мурманска.

В Научном архиве КНЦ РАН хранится документ «История города Мурманска. Техно-экономическая записка» от 1932 г. без указания автора. Предположительно, он попал в фонды Кольской базы АН СССР в ходе комплектования её первого научного архива в 1935 г. из материалов Комиссии по использованию естественных производительных сил России при Академии наук (КЕПС АН СССР), поскольку директор Базы акад. А.Е. Ферсман был учёным секретарем (1915-1924 гг.) и заместителем председателя КЕПС (1924-1926 гг.), а учёный секретарь КБ АН А.М. Оранжиреева до приезда на Базу в 1933 г. занималась делопроизводством КЕПС АН СССР. С долей вероятности можно предположить, что этот уникальный исторический источник является первой летописью Мурманска. Давайте перелистаем пожелтевшие страницы и заглянем в начало 1930-х Кольского Севера.

«…Гор. Мурманск возник в 1915 г. в разгар мировой войны. В основном два фактора обусловили его возникновение и продолжают влиять на его развитие до настоящего времени – это удобный порт на незамерзающих океанских водах и Мурманская железная дорога (МЖД), связывающая этот отдаленный пункт с центральными частями Советского Союза. В 1915 г. для царского правительства Мурманский порт и железная дорога создавали единственную возможность хотя бы частично прорвать плотное кольцо военной блокады, чтобы связаться с союзниками, получать от них снаряжение, военное имущество и припасы. Этим объясняется чрезвычайно быстрое сооружение Мурманской железной дороги в семнадцать месяцев на расстоянии в тысячу с лишним километров (расстояние от Петрозаводска до Мурманска 1043 км) в полярных условиях совершенно дикого безлюдного края. Из 1043 км полотна 270 пролегали по болотам, которые надо было осушать, засыпать, обходить. Там, где не было болот, путь преграждали леса, и там, наконец, где не было ни болот, ни лесов, полотно прорезали порожистые реки и ручьи. Свыше тысячи мостов и искусственных сооружений пришлось возвести на дороге прежде, чем стало возможным пустить первый поезд. На пути не было ни людей, ни жилья, ни продовольствия, ни лошадей, ни проездных грунтовых дорог, всё приходилось начинать и строить с начала и всё завозить огромными партиями извне. Непривычный климат, сплошные дни короткого лета и сплошные полярные ночи долгой и жестокой зимы изнуряли строителей, и кадры их пополнялись военнопленными из лагерей и завезёнными с дальнего востока китайскими кули. Наконец, осенью 1916 г. путь был окончен и прошёл первый поезд из Ленинграда в новый город на океанском побережье. Тогда этот город был назван Романовым на Мурмане, но с революцией не стало Романовых, и город стал именоваться Мурманском. Входил он тогда в состав Архангельской губернии. В том же 1916 г. при Министерстве путей сообщения образовано было особое попечительство «по устроению» г. Мурманска, каковое и приняло на себя разработку всех вопросов по сооружению города. Прежде всего, была отведена земельная площадь для размещения города в виде территории на правом берегу Южного колена Кольского залива у Семеновских Островов, площадью 4004 десятины, и из этого участка были выделены 280 десятин под селитебную (так в тексте – Е.М.) площадь города. В 1917 г. были организованы изыскания для производства разных исследований научного и технического характера, на

[1] По материалам доклада на научно-практической конференции «Кировск и Апатиты. Малые города – большая история: работа с архивными, библиотечными, музейными документами по краеведению» в Государственном архиве Мурманской области в г. Кировске 24-25 октября 2011 г.

основании которых предстояло составить проекты отдельных видов благоустройства города. Основной работой явились съёмка местности всего района, намечавшегося к распланировке. …Результатом геодезических работ явился план всего района города. … Кроме этого плана была составлена сводная карта района будущего города на основании всего ранее имевшегося съёмочного материала. Карта эта была издана Постоянной Комиссией по использованию естественных производительных сил России при Академии наук» [1].

Предыстория Мурманки началась еще в 1870-х годах, когда намечалась постройка железной дороги от г. Вытегры до г. Онеги на Белом море, но это осуществилось только в виде проекта. Следующим шагом в этом направлении было обсуждение в 1894 г. Петербургской городской думой и Олонецким губернским земством при поддержке Министерства финансов вопроса о постройке железной дороги на Мурман, в поиске беспрепятственного и надежного доступа к открытому океану, а, следовательно, и к берегам Зап. Европы. Но только 10 июня 1902 г. был опубликован приказ императора Николая II о начале постройки железной дороги до Петрозаводска от одной из станций северных дорог в 1903 г. и только в 1913 г. общество Олонецкой дороги получило разрешение начать строительство железной дороги от ст. Званка Северных дорог до Петрозаводска [2].

Вспыхнувшая в 1914 г. Первая мировая война, блокада германо-турецким флотом Балтийского и Чёрного морей, закрытие Дарданелл, краткий навигационный период портов Белого моря (в основном, Архангельска), отдалённость Владивостока и плохая связь с ним (Сибирская магистраль была почти на всём своём протяжении одноколейной) заставили Российское правительство, оторванное от баз снабжения его союзниками, приняться за немедленную постройку железной дороги к единственному незамерзающему району Российского Севера – к Кольскому заливу. Совет министров постановил в срочном порядке приступить к постройке дороги до Кольского залива с указанием следующих предельных сроков окончания работ: Линии Петрозаводск – Сорокская бухта к 1 января 1916 г., линии Кандалакша – Кола к 1 марта 1916 г., линии Сорокская бухта – Кандалакша к 1 марта 1916 г.

Российское правительство, наспех подготовленное к войне, очутившись в полной зависимости от снабжения союзниками, шло на всё, лишь бы обеспечить подвоз военного снаряжения из портов Баренцева моря (куда оно подвозилось иностранными транспортерами) вглубь страны. В январе 1916 г. капитан Рощановский по заданию военно-морских властей начал перевозку военных грузов по следующему маршруту: 10 верст по ж/д от Семеновых о-вов (вместо расположения Мурманского порта) до Колы; 150 вёрст на оленях от Колы до ст. Белой, что погубило половину оленьего стада на Кольском п-ове; 100 вёрст по ж/д до Кандалакши и 380 вёрст лошадьми от Кандалакши до ст. Рованиеми Финляндской ж/д через Куолаярви.

Всего таким образом было перевезено за январь – март через Кандалакшу 332863 пуда военных грузов при приближенной стоимости перевозки в 7 руб. 84 коп. с 1 пуда. Понятно, что такой способ перевозки грузов не мог решить вопрос полноценного снабжения военными материалами. Это и способствовало ускорению темпов строительства Мурманской железной дороги к незамерзающим берегам Кольского залива. Постройка дороги производилась, в основном, за счёт использования военнопленных, численность которых за время постройки дороги составила 50775 человек. Кроме того, на строительстве было занято (на 1916 г.): русских рабочих – до 30000, финнов – 1200, а также несколько тысяч китайцев и киргизов. Люди жили в наспех построенных дощатых бараках и землянках, в условиях голода, холода и свирепствовавших эпидемий. Особенно страдали военнопленные, которые вымирали тысячами, и к которым применялись самые суровые методы воздействия – нагайка в руках начальства, не понимавшего к тому же европейских языков [3].

Эксплуатация дороги началась с октября 1916 г., когда был открыт для местных перевозок участок Петрозаводск-Кемь, с 15 ноября 1917 г. начато прямое товарное сообщение по всей дороге и установлена связь с другими дорогами. В начале 1918 г., когда началось наступление белофиннов в Сев. Карелии, работа дороги была дестабилизирована, а в июне того же года начавшаяся иностранная интервенция на Мурмане, а затем гражданская война до 13 марта 1920 г. (вступления красных войск в Мурманск) и вовсе прервали её функционирование. На всем её протяжении шли бои, иногда сопровождавшиеся полным разрушением участков дороги. В Советскую Россию МЖД, ещё до военных 1918-1920-х представлявшая отставшую в техническом отношении «времянку» с колоссальными недоделками, с пропускной способностью не более 200-240 вагонов груза в сутки, вошла в разрушенном состоянии.

Но уже 4 июня 1920 г. из Петрограда через Карелию на Кольский п-ов для ознакомления с районом Мурманской железной дороги и составления плана восстановления хозяйства региона выехала специальная комиссия в составе президента Российской академии наук акад. А.П. Карпинского, акад.

А.Е. Ферсмана, проф. Ю.М. Шокальского и геолога А.П. Герасимова. Выбор поездки такого рода определялся спецификой политики освоения Карело-Мурманского края, который несколько отличался от остальных районов страны. Основой программы колонизации региона служил опыт Канадских железных дорог, которые за короткое время сумели оживить безлюдный, но богатый естественными ресурсами район. При этом политика освоения края опиралась на новую для страны государственную систему, классовую ориентацию ВКП (б) и советского правительства – использование доходов от лесов, предоставленных дороге, а также включала план конкретных мероприятий: 1) отмежевать, выделить и отвести до 4000 переселенческих участков для поселения 15 000 чел.; 2) провести до 350 вёрст грунтовых дорог; 3) осушить до 15 000 десятков болот под луга; 4) построить до 1500 кв. сажен бараков, школ и т.д.; 5) укрепить северные участки МЖД поселениями на 3000 человек взрослого трудоспособного населения [4].

Июньская экспедиционная поездка 1920 г. учёных Академии наук стала отправной точкой истории научного освоения Кольского Севера, так как при первом же знакомстве с природой Хибин учёным стала очевидной перспектива открытия крупных полезных ископаемых [5]. Так было положено начало систематическим геологическим исследованиям Академии наук на Кольском п-ове, которые сыграли огромную роль в оценке природных минеральных ресурсов края, развитии научных направлений – петрографии, минералогии и геохимии и привели к последующему промышленному освоению края. Организованное в августе 1922 г., правление МЖД получило в своё ведение железнодорожную линию с общим протяжением главного пути 1707 км, из которых путь протяжённостью в 1044 км представлял недостроенную на 70 % «времянку», недавно ещё бывшую ареной гражданской войны. Грузопотоки были ограничены: в 1921-22 гг. перевезено 1150 тыс. т. грузов (9 % грузооборота 1934 г.), причём дорога работала с огромным дефицитом. Правительство обсуждало даже вопрос о консервации дороги, но Ф.Э. Дзержинский, стоявший на противоположной точке зрения, предложил принять все меры для её развития. В итоге было решено использовать дорогу, по выражению Я.Э. Рудзутака, «не только как тракт для перевозок, но как хозяйственный хребет края», и возникла идея организовать транспортно-промышленно-колонизационный комбинат по типу пионерных ж/д США и Канады для развития народного хозяйства Карело-Мурманского края.

Ряд мероприятий по развитию грузооборота дороги, в частности, снижение на 30-35 % ж/д тарифа для многих импортных и экспортных грузов, направляемых через Мурманский порт, отмена или понижение пошлин на ряд грузов (рис, каучук, хлопок-сырец, цинк, чай, кофе, сельдь, машины и их части, джут и др.) способствовали быстрому росту Мурманского порта и перевозок по дороге. Кроме того, был предоставлен целый ряд льгот для перевозки грузов, способствующих успешной колонизации края. Так, грузооборот дороги увеличился в период с 1922-1923 по 1929-1930 гг. в 4 раза, пробег грузов за это же время – в 7 раз. В 1930 г. комбинат был ликвидирован. В феврале 1932 г. к МЖД были присоединены относившиеся тогда к Ленинградской обл. железнодорожные линии Будогошь-Овинище протяжённостью 300 км и Тихвин-Череповец протяжённостью 275 км. К 1 января 1934 г. общая эксплуатационная протяжённость дороги составила 2411 км, в т.ч. 2282 км главной линии и 129 км веток общего пользования и соединительных.

27 января 1932 г. принято постановление СНК СССР о наиболее полном использовании естественных богатств Мурмана и форсировании развития его промышленности, транспорта, коммунального и культурно-бытового строительства. В 1934-1936 гг. была намечена реконструкция Мурманской железной дороги с электрификацией на участке Волховстрой – Мурманск. К рассматриваемому периоду уже функционировал электрифицированный участок Кандалакша – Мурманск. В 1934-1936 гг. широко развернулись работы по электрификации первой очереди Кировской ж/д: Кандалакша – Апатиты – Кировск; вторая очередь по электрификации Апатиты – Мурманск также введена в строй в 1936 г.

Кировская железная дорога протянулась от Мурманска к Кировску протяжённостью в 256 км. Кировская железная дорога была единственной железнодорожной линией Мурманского округа, обеспечивая 62.8 % всего грузооборота. По видам грузов грузооборот Кировской железной дороги представляется в следующем виде (табл. 1).

Видно, что Мурманский округ в рассматриваемый период вывозил так называемые скоропортящиеся продукты: рыбопродукты, продукцию горной (апатито-нефелиновой) промышленности и древесину. На Мурман ввозился каменный уголь и нефтепродукты, строительные материалы, хлеб и другие продовольственные грузы, предметы оборудования и вспомогательные материалы, необходимые для развития промышленности округа. В то же время, в железнодорожном грузообороте в нарастающих темпах производились перевозки внутриокружного сообщения, в связи с поставками продукции из Кировска в Мурманский порт для дальнейшей отправки на экспорт и большим каботажем продукции Кировской

горно-химической промышленности. Одновременно из Мурманска внутрь округа отправлялись поставки каменного угля и нефти, прибывавших большим каботажем. В перевозках значительное место занимали разрабатываемая в округе древесина, строительные материалы минерального происхождения, направляемые в Мурманск и Кировск, и малообъёмные «короткопробежные» перевозки. Внутриокружные перевозки в составили 705 тыс. т. (апатитов 433.4 тыс. т, леса и дров 215 тыс. т, каменного угля и нефти 35 тыс. т, стройматериалов минерального происхождения 16.3 тыс. т). Железнодорожный грузооборот Мурманского округа внутриокружного масштаба выглядел следующим образом (табл. 2).

Таблица 1. Грузооборот Кировской железной дороги в 1934 г.

	Хлебные грузы	Скоропортящиеся продукты	Продукты лесоводства	Каменно-угольные	Нефтепродукты	Руда	Черные металлы и прокат	Минеральные строительные материалы	Прочие грузы с/х происхожд.	Прочие грузы промышл. происхожд.	Непоименованные	ВСЕГО
Отправление, тыс. т.	3.2	131.0	214.7	35.0	1.0	1.7	32.8	16.3	1.9	761.3	77.4	1276.3
%%	0.3	10.0	16.7	2.7	0.1	0.1	2.6	1.3	0.1	59.8	6.2	100 %
Прибытие, тыс. т.	76.5	43.3	602.7	284.4	46.0	10.7	15.7	132.0	82.5	535.3	168.3	1997.4
%%	3.8	2.2	30.2	14.3	2.3	0.5	0.8	6.6	4.1	26.8	8.4	100 %

Таблица 2. Внутриокружной железнодорожный грузооборот Мурманского округа.

№№ п/п	Виды грузов	Районы		Мурманск	Всего
		Кольский	Кировский		
1	Сельскохозяйственные	25000	49020	264640	338660
2	Промышленные	13060	808160	902360	1723580
3	Строительные	23200	39810	85250	148260
4	Лесные	136090	362060	319240	817390
5	Товаропроводящие сети	Включены в прочие			
6	Прочие	12070	53950	179680	245700
	Итого	209420	1313000	1751170	3273590

По удельному весу в общем железнодорожном грузообороте отдельные грузы имеют следующее значение (%): промышленные – 52.6, лесные – 25, сельскохозяйственные – 10.4, товаропроводящей сети – 7.5, строительные минерального происхождения – 4.5. Основным центром грузооборота округа был Мурманск с объёмом грузооборота 53.5 %. На втором месте стояли Кировск и Кировский район, составлявшие 40.1 % всего железнодорожного грузооборота, причём «кировская ветка» (сам Кировск) давал 32.3 % грузооборота округа. Основным грузом отправления г. Кировска были апатиты-нефелины (99 %), а прибытия – лесные материалы (60 %) и прочие грузы (40 %). В рассматриваемый период имели большое значение ст. Зашеек, отправлявшая почти исключительно лесные грузы и получавшая материалы для строительства (объем переработки составлял до 4 % всего грузооборота округа), и ст. Кола с объёмом переработки также до 4 % всего грузооборота округа с преобладанием лесных грузов прибытия. Увеличение населения в Мурманском округе с 1930 по 1934 гг. в 3.5 раза повлияло на рост пассажироперевозок. Они увеличились более чем в 3 раза, что видно из приведённых показателей продажи билетов (по г. Мурманску и ст. Кола – вместе с пригородным сообщением, в тыс. билетов, табл. 3).

Таблица 3. Продажи билетов. 1930-1933 гг.

	1930	1931	1932	1933
ст. Мурманск	112	114	238	310
ст. Кола	56	86	139	188
ст. Кировск	1	37	31	46
Прочие	69	222	192	242
Итого	248	489	600	786

Электрификация МЖД обеспечивалась на базе Нивской и Туломской ГЭС. Одновременно с электрификацией происходило и переоборудование станций и вокзалов в соответствии с расширением и улучшением работы всей дороги. Необходимость электрификации железной дороги была вызвана трудностью её снабжения углем, тогда как перевод всего участка МЖД в пределах округа на электротягу давал бесспорное преимущество: вес поездов, составлявших 820 т, при электрификации участка мог быть увеличен до 1200-1300 т; скорость товарных поездов возрастала с 26.5 до 43 км/час, пассажирских – с 38.2 до 52.4 км/час; себестоимость перевозок (включая амортизацию) снижалась в товарном движении на 33 %, в пассажирском – на 23 %; экономия на топливе в год составляла свыше 6 млн. руб. или в натуральном выражении – 500 тыс. $м^3$ дров и 24 тыс. т дальнепривозного угля; с переходом на электрическую тягу отпала необходимость смягчения профиля, что требовало дефицитной в крае рабочей силы. В связи с необходимостью обслуживания электровозов серии «ВЛ» (Владимир Ленин) было построено депо в Кандалакше, Мурманске и ст. Апатиты [6].

В плане железнодорожного строительства управлением Кировской железной дороги планировалось в 1930-е гг. сооружение железнодорожных веток от ст. Зашеек или ст. Кандалакша к месторождениям железных руд в районе р. Йоны в связи с началом промышленной разработки полезных ископаемых в этом районе. Строительство железной дороги от Ковдорского железорудного месторождения до Кировской железной дороги позволяло решить целый комплекс важных народнохозяйственных задач: создание на Кольском Севере собственной металлургической базы; обеспечение «своей» известью стройки Мурманского округа и Сев. Карелии, а известняками – строившийся Кандалакшский химический комбинат; рациональное использование лесозаготовок в бассейне оз. Имандра; удешевление эксплуатации слюдяных месторождений Ковдора и проч. Кроме того, постройка железнодорожного пути обеспечивала выход в западную часть Кольского п-ова. Проект новой железной дороги был разработан в 1937 г., строительные работы начаты в 1938 г., и эта железнодорожная линия была введена в эксплуатацию в 1939 г. [7]. Другая запланированная ветка – от ст. Оленья в Монче-тундру к месторождению медно-никелевых руд, имевшая важное значение с началом строительства в Мончегорске никелевого комбината, не реализована по сей день – 1937 г. внёс коррективы в историю Кольского Севера и Мурманской железной дороги. Вряд ли кто сегодня будет оспаривать значение Октябрьской железной дороги в жизни Кольского Севера. На всех исторических этапах она была осью, вдоль которой происходило освоение края.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. История города Мурманска. Техно-экономическая записка. НА КНЦ РАН. Ф. 1. Оп. 5. Д. 30. Л. 2-4.
2. Цукерман Л.И. Мурманский округ Ленинградской обл. Физико-географическая характеристика. 1936 г. НА КНЦ РАН. Ф. 1. Оп. 5. Д. 52. Л. 131-132.
3. Там же. Л. 132-133.
4. Шелепугин Ф. Документы по истории Кольского края. М.: Наука, 1930. С. 55.
5. Документы по истории Академии наук СССР. М.: Наука, 1988. С. 170-171.
6. Цукерман Л.И. Мурманский округ Ленинградской обл. Физико-географическая характеристика. 1936 г. НА КНЦ РАН. Ф. 1. Оп. 5. Д. 52. Л. 120.
7. Постройка железной дороги от Енского железорудного месторождения до Кировской железной дороги. НА КНЦ РАН. Ф. 1. Оп. 5. Д. 67. Л. 59.

КРАЕВЕДЕНИЕ КАК ФОРМА ПОПУЛЯРИЗАЦИИ ЗНАНИЙ СРЕДИ НАСЕЛЕНИЯ [1]

Минкевич Е.В.

МБУК «ЦБС» им. А.М. Горького, Кировск, library-kirovsk@yandex.ru

Краеведческая деятельность муниципальных библиотек стала одним из приоритетных направлений библиотечного дела в современной социально-экономической ситуации, в условиях возрождения национального самосознания, развития национальных культур, возросшего интереса населения к своей истории и корням. Народ жив своей историей, традициями, культурными ценностями, передаваемыми от поколения к поколению. Возникший интерес к прошлому малой родины объясняется стремлением восстановить её подлинную историю. «Малая» история также помогает лучше понять «большую» отечественную и мировую историю, осмыслить современность.

Человеку, далекому от библиотечной работы, может показаться, что наша основная функция – это выдача книжек. Но сегодня библиотеки становятся центрами информационного обслуживания населения в разных областях, в том числе в краеведении. Обладая ценнейшими краеведческими изданиями, библиотеки играют важную роль в культурном просвещении и патриотическом воспитании подрастающих поколений через распространение краеведческих знаний. Муниципальное учреждение культуры «Централизованная библиотечная система» Кировска, в состав которой входят 6 муниципальных библиотек, считает краеведение одной из самых приоритетных форм деятельности. Под ней мы понимаем совокупность различных направлений жизни края и, в частности, Кировского района.

Любая работа развивается в соответствии с определёнными целями. Не стало исключением и краеведение. В «Руководстве по краеведческой деятельности муниципальных публичных библиотек», принятом конференцией Российской библиотечной ассоциации на X ежегодной сессии 27 мая 2005 г. в Санкт-Петербурге, определены две цели: обеспечение доступности краеведческих информационных ресурсов и распространение краеведческих знаний и развитие краеведческих информационных потребностей. Краеведческая библиотечная деятельность (КБД) – это «область научно-практической деятельности библиотеки по сбору, хранению и предоставлению в общественное пользование краеведческих документов, а также информации о них». Основные направления КБД: формирование краеведческого фонда, ведение краеведческих каталогов и картотек, баз данных, создание системы краеведческих пособий, краеведческий библиотечно-библиографический сервис, популяризация и распространение краеведческих знаний, научно-методическая и научно-исследовательская работа, поисковая деятельность.

Рассмотрим подробнее часть направлений. Формирование краеведческого фонда включает в себя сбор изданий, их обработку и сохранность. На сегодня краеведческий фонд ЦБС составляет 9173 документа на различных носителях. Книжный фонд состоит из изданий, первые из которых датированы 1920-ми годами. Источники пополнения фонда самые разные – пожертвования учреждений и организаций, выпускающих краеведческие издания, пополнение через обменный фонд Мурманской областной научной библиотеки, пожертвования авторов изданий. По региональному закону об обязательном экземпляре, все учреждения и организации нашей области, имеющие отношение к издательской деятельности, обязаны предоставлять в библиотеки обязательный экземпляр издания. Теоретически закон позволяет библиотекам пополнять свои фонды, способствуя сохранности и широкой популяризации изданий. В муниципалитетах имеется методическое письмо с рекомендациями по его исполнению. Но закон не работает. В итоге отследить, что выпускают учреждения, невозможно, и пополнение фонда зависит от желания самой организации.

Кольский научный центр РАН выпускает труды; студенты географического факультета МГУ, приезжающие на практику в Хибины, издают сборники; бывшие работники объединения «Апатит» пишут книги, издают сборники местные поэты и прозаики…– и значительная часть литературы проходит мимо нас. А ведь библиотека является посредником между этими изданиями и массовым потребителем. Нам бы очень хотелось, чтобы авторы, издавая свои книги, помнили об этом. Хочется выразить благодарность за сотрудничество ОАО «Апатит» – ни одна книга, выпущенная при поддержке объединения, не прошла мимо нас. Благодаря им мы имеем возможность не только пополнить фонды, но и провести презентацию того или иного издания. Слова благодарности следует сказать и тем авторам, которые выпускают произ-

[1] По материалам доклада на научно-практической конференции «Кировск и Апатиты. Малые города – большая история: работа с архивными, библиотечными, музейными документами по краеведению» в Государственном архиве Мурманской области в г. Кировске 24-25 октября 2011 г.

ведения на свои средства, но передают свои творения в наши фонды. Согласно «Руководству о краеведческой деятельности муниципальных публичных библиотек», краеведческий фонд хранится вечно и не списывается даже в случае ветхости. Старые и ветхие издания мы бережно реставрируем. Нам бы хотелось сохранить для будущих поколений информацию о нашем крае в максимально полном объёме при поддержке и понимании издающих организаций.

Основная задача библиотеки как универсального информационного центра – распространение информации. К нам обращается большое количество кировчан разных возрастов и профессий: школьники и студенты – для учёбы, жители города – для самообразования, гости из других регионов России и зарубежья. К их услугам книги, газеты и журналы, другие носители информации. Помощь оказывает справочный аппарат – краеведческая картотека статей в печатном и электронном виде с информацией по темам. В год библиотеками Кировской системы выполняется более 3000 краеведческих справок и запросов.

Термин «Распространение знаний», появившийся в середине 1990-х в практике библиотечного краеведения, заменил «пропаганду краеведческой литературы». Основными направлениями работы библиотек по распространению сведений о территории являются выставочная и просветительская деятельность. Организация выставок – действенный метод раскрытия краеведческих фондов, пропаганды актуальных и ценных документов. Краеведческая библиотечная выставка – наиболее эффективный вид наглядного показа книг и других носителей информации. Краеведческие выставки оформляются в библиотеках и на городских мероприятиях. Это позволяет показать многообразие фонда, приблизить его к читателю. Их тематика разнообразна: история и современность, промышленность и сельское хозяйство, экология и здравоохранение, спорт и культура и др. В последнее время в оформлении выставок активно используются предметы декоративно-прикладного искусства, материальной культуры региона.

Ещё одна разновидность выставок, которая получает всё более широкое распространение – выставки работ местных художников – педагогов художественных школ и любителей. В них мы стремимся приобщить кировчан к прекрасному. С недавнего времени мы стали проводить широкие презентации, приглашая всех желающих не только познакомиться с картинами, но и пообщаться с их авторами. На стенах читального зала центральной библиотеки им. А.М. Горького в разные годы экспонировались работы художницы В. Петровой и членов студии для взрослых под руководством А. Мезенцевой. Выставки этих самобытных художников украшали наш зал в течение всего 2009 г. Персональные выставки проводили педагоги художественных школ Т. Бондаренко, Т. Дульцева, А. Уемов, А. Мезенцева и др. Свои работы выставляли фотохудожники А. Чернухо и П. Рогозин. Кроме картин художников традиционно в течение октября в ЦГБ проходит фотовыставка Лапландского государственного природного заповедника, с которым мы сотрудничаем 7 лет. Сотрудники заповедника привозят каждый год новые фотографии. Полюбоваться на красоты природы приходят дети и взрослые, для них библиотекари организуют беседы с просмотром видеофильма о заповеднике.

Информационно-просветительскую деятельность библиотек можно разделить на несколько направлений. Первое включает мероприятия, основанные на информации из печатных и электронных источников библиотечной системы: страницы истории края и города, людей и предприятий, экологические вопросы, проблемы безопасности населения (в первую очередь лавинной), туризм и спорт, правовое просвещение, культурная жизнь края и др. На основе этих источников подготовлен обширный блок мероприятий для всех возрастных категорий: беседы, вечера, утренники, презентации, часы информации, литературные композиции, уроки памяти и др. Эта работа проходит в течение всего года, но наибольший пик достигает в дни города и значимые даты: юбилеи Мурманской обл., Кировска, ОАО «Апатит».

Следующее направление – общение с участниками событий, которые оставили след в жизни страны, края и города. В первую очередь это Великая Отечественная война. Такие мероприятия имеют большой воспитательный эффект. Ежегодно в февральские дни в юношескую библиотеку приходят школьники на встречу с кировчанами, которые выполняли свой воинский долг в Афганистане. Наибольшее распространение в последние годы получили краеведческие чтения, которые объединяют краеведов и любителей, способствуя возникновению интереса к истории и культуре родного края. Они воссоздают неизвестные страницы истории. В Кировске в течение нескольких лет проводятся чтения, посвящённые поэту Н. Рубцову, обучавшемуся в Хибинском техническом колледже. В. Ерофеев – ещё один писатель, чьё детство и юность прошли в Кировске. В ЦГБ им. А.М. Горького работает литературный музей В. Ерофеева.

На бывшем здании школы № 1 открыта памятная доска писателю. В октябрьские дни библиотека приглашает горожан на Ерофеевские пятницы. Премьеры и презентации новых книг и общение с их авторами – лучшее средство популяризации краеведческих знаний.

В Кировске сложилась хорошая традиция – популяризация творчества современных поэтов и писателей Заполярья. На суд кировчан новые книги представляли Д. Коржов, И. Бессонов, В. Тимофеев, Н. Колычев, Т. Агапова Е. Рыхлова, Е. Леонова и другие. Много лет наша система сотрудничает с кировчанином В.Г. Тимофеевым, рассказывающим на страницах своих произведений об истории Кировска, судьбах спецпереселенцев. Ведётся активное сотрудничество с литературным объединением «Алаш», члены которого – частые гости в библиотеках. На презентациях горожане познакомились с творчеством В. Петровой, Л. Стрельниковой, Т. Кондрашовой, А. Бондарева, В. Вологдина. Юношеская библиотека несколько лет пропагандирует творчество кировчанки Т. Лесниковой. Хибинская земля вдохновляет на создание литературных произведений.

Пропагандируя творчество местных авторов, мы не забываем о поиске новых талантов. Специалисты библиотечной системы проводят краеведческие конкурсы, блиц-опросы, викторины, выявляя новые имена. Участвуем и в областных мероприятиях. В год 65-летия освобождения Мурмана от немецко-фашистских войск молодые кировчане приняли участие в областном конкурсе «Краевед Мурмана». По его итогам в номинации «Литературное краеведение» III место занял ученик Хибинской гимназии А. Винник. В этом году библиотечной системой объявлены конкурсы рукописной книги «Мой город – моя любовь» и «Кировск – мое вдохновение». Итоги детского конкурса подведены 21 октября на Празднике юных читателей Хибин. Итоги молодёжного конкурса будут подведены 4 ноября на краеведческом вечере. В июне ЦБС провело блиц-опрос «Самые привлекательные объекты города и самые значимые события городской жизни», в сентябре – «Я желаю родному городу». Результаты будут обнародованы в начале ноября.

Возрождение библиотечного краеведения активизировало участие библиотек в подготовке и издании краеведческой продукции разного объёма и содержания. Об этом свидетельствует богатая палитра издательской продукции публичных библиотек. Наша библиотечная система также выпускает печатные издания, в том числе по краеведению. Они позволяют аккумулировать знания определенной тематики, оперативно донести их до потребителя, познакомить с разными аспектами краеведения. Кроме пособий и указателей, библиотеки ЦБС издают продукцию малых форм (памятки, закладки, буклеты, листовки) по определённой теме. В 2004 г. библиотечная система Кировска вышла на новый этап – внедрение современных информационных технологий в практику. Мы начали его с мультимедийного информационного диска ОАО «АПАТИТ» - 75 лет. Затем появились «Экологический дайджест Хибин», «Хибинский литературный музей В. Ерофеева» и Электронный словарь «Кировск» к 75-летию города. К юбилею акционерного общества «Апатит» в 2009 г. электронный словарь о городе был дополнен новой информацией, и мы вернулись к привычной форме, выпустив большой полнотекстовой печатный сборник «Кировск. Словарь». Иногда выпуску того или иного издания предшествует библиотечное мероприятие. Так вышло с конкурсом «Краевед Мурмана». По его итогам выпущен сборник работ участников конкурса под названием «Смотрю на Кировск взглядом молодым», средства на издание которого выделены профкомом ОАО «Апатит».

В одной статье сложно раскрыть все аспекты краеведческой деятельности библиотечной системы Кировска. Подводя итог, заметим – библиотеки города, осознавая важность своей работы по сохранению и распространению наследия родного края, используя разнообразные формы и методы, вносят свою лепту в гражданское, демократическое становление общества и восстановление истинных ценностей человечества.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Руководство по краеведческой деятельности муниципальных публичных библиотек (централизованных библиотечных систем). Принято на X сессии РБА. С.-Петербург, 27 мая 2005 г. // РБА: Официальные документы. Режим доступа http://www.rba.ru/or/od/kraeved.html. - 12.01.11
2. Об обязательном экземпляре документов. Закон Мурманской обл. от 17.03.2000 № 184-01-ЗМО // Мурманский вестник. 24 марта 2000 г. С. 3.
3. Ажеева Р.Б. Историко-краеведческая деятельность публичных библиотек М.: Изд-во «Литера», 2011. 112 с.
4. Неверова Т.А. Краеведческая деятельность библиотек. М.: Изд-во «Либерея», 2005. 136 с.

МЕДАЛЬ ИМ. А.И. АНТИПОВА: ВЗГЛЯД В ПРОШЛОЕ КАК КАРТА БУДУЩЕГО

Морозов М.В.

Национальный университет «Горный», Санкт-Петербург, admin@minsoc.ru

В 2012 г. Российское минералогическое общество отметило 195-летие и находится в преддверии двухвекового юбилея. Он станет психологической вехой, требующей подведения итогов и постановки стратегических целей. Наиглавнейшей задачей любого научного общества является поддержание и развитие традиций, что означает стимулирование научных исследований, признание заслуг учёных, работающих на переднем крае науки и формирующих научные школы.

Незадолго до своего 100-летнего юбилея Обществом учреждена золотая медаль памяти Действительного члена Общества А.И. Антипова, история создания которой подробно освещена в работах [9] и [10]. Медаль предназначалась для награждения молодых учёных «за сочинения на русском языке по минералогии, геологии и палеонтологии». Возраст учёных, награждённых в 1909-1915 гг., находился в интервале от 26 (А.Е. Ферсман) до 33 (Д.Н. Артемьев) лет. Медаль вручалась в качестве премии. Она была и остаётся по сей день высшей наградой РМО за всю историю его существования, если рассматривать её-денежный эквивалент. Отметим, что несмотря на исторические потрясения, затронувшие Россию в первой половине XX в., двое из четверых учёных, награждённых медалью, внесли столь существенный вклад в развитие геологии и минералогии, что были избраны действительными членами АН СССР. Можно признать, что усилия, потраченные на стимулирование молодых учёных, оправдали себя.

В соответствии с завещанием вдовы А.И. Антипова – Прасковьи Дмитриевны, медаль «В память горного инженера А.И. Антипова» должна была изготавливаться каждые два года на проценты с вклада 2500 руб., который П.Д. Антипова передала Обществу в 1907 г. Таким образом, первая медаль была изготовлена в 1909 г. С 1897 г. денежной единицей Российской империи согласно реформе министра финансов С.Ю. Витте стал золотой рубль, получивший фиксированный обменный курс в размере 0.774234 г. чистого золота [7]. Следовательно, переданный Обществу капитал был эквивалентен почти 2 кг золота (1935.585 г.). По курсу 1556.45 руб. / г. Центрального Банка РФ на 17 марта 2012 г. такой вклад равен более чем 3 млн. руб. (3 012 641 руб. 27 коп.). Процентная ставка по вкладу Императорского минералогического общества неизвестна. Тем не менее, используя аналогию с ценными бумагами Крестьянского поземельного банка того времени (5.5 % годовых [8]), можно ориентировочно оценить двухлетние дивиденды, идущие на изготовление очередной медали. При названном проценте они приблизительно равны 283 руб. (219 г. чистого золота). Стандартная проба золотого рубля периода правления Николая II составляла 900 [6]. Масса сплава превышала массу доли чистого золота в нем в 1,111… раз, что позволяло изготовить медаль весом 240 г.

Изложенные выше оценки имеют не только экономический, но и исторический интерес, потому что, к сожалению, по имеющимся сегодня данным, ни одной из золотых медалей им. А.И. Антипова не сохранилось. Всего было изготовлено 5 золотых медалей. Первый образец Общество передало на хранение П.Д. Антиповой. Коротко остановимся на истории её семьи [1, 2].

Алексей Иванович Антипов родился в 1833 г. на Дедюхинском заводе Соликамского уезда Пермской губернии. По окончании Горного института в Санкт-Петербурге в звании горного инженера он был командирован на Ю. Урал, где впервые охарактеризовал основные черты его геологического строения. Эта работа, выполненная в соавторстве с Н.Г. Меглицким, награждена Демидовской премией в 1859 г. Впоследствии А.И. Антипов обследовал состояние горной промышленности России, исследовал Печорский край. Затем управлял горнозаводской частью Области Войска Донского, где исследовал каменноугольные отложения Донецкого бассейна (составленная под его руководством на 12 листах региональная карта каменноугольной почвы передана в дар Обществу), организовал горное управление, музей, лабораторию. После перевода на службу в Санкт-Петербург разработал проект преобразования горных управлений в Алтайском и Нерчинском округах, состоял членом Горного совета и Горного учёного комитета. Был принят в Действительные члены Минералогического общества, в «Записках» которого опубликовал исследование меловой формации Ю. Урала. Скончался в 1907 г.

Прасковья Дмитриевна Антипова (урожденная Купреянова) родилась в 1848 г. в семье надворного советника, предводителя дворянства Солигаличского уезда Костромской губернии. Переехала в Санкт-Петербург, где вышла замуж за А.И. Антипова, училась в школе Общества поощрения художеств по классу акварели. В школе познакомилась с акварелисткой Е.Д. Поленовой, вместе с которой в 1884 г. путешествовала по Волге, Дону, Кавказу и Крыму. Оставив рисование, в 1888 г. с мужем переехала в Ко-

строму, а с 1901 г. до смерти жила в Ярославле, где в 1907 г. начала строительство собственной частной женской гимназии. Перед началом I Мировой войны в ней обучалось несколько сотен учениц. В последние годы жизни не могла самостоятельно передвигаться, скончалась в январе 1918 г. Судьба имущества П.Д. Антиповой неизвестна, возможно, наследников у неё не было. Место хранения медали после её смерти неизвестно. В начале июля 1918 г. в Ярославле началось белогвардейское восстание, инициированное «Союзом защиты Родины и Свободы» под руководством Б.В. Савинкова. Восстание подавлено РККА в ходе масштабных боевых действий, включавших бомбардировку города авиацией. В результате бомбардировок, артиллерийских обстрелов и пожаров было разрушено 2147 жилых домов и уничтожено большое количество имущества [11]. Можно констатировать ничтожную вероятность нахождения первого образца золотой медали имени А.И. Антипова (рис. 1).

Рис. 1. Портреты А.И. Антипова (И.Е. Репин, 1884) и П.Д. Антиповой (В.А. Серов, 1890) из коллекции Ярославского государственного историко-архитектурного и художественного музея-заповедника.

Две оставшиеся золотые медали могли оказаться во владении семей акад. А.Е. Ферсмана (медаль вручена в 1919 г.) и акад. П.И. Степанова (1911 г.) или в коллекциях московских музеев. Но никаких свидетельств об этом нет. Судьба Э.Я. Пэрна, награждённого медалью в 1913 г., остаётся неизвестной. Лауреат 1915 г. Д.Н. Артемьев был назначен в 1919 г. первым ректором Московской горной академии (ныне МГРИ-РГГРУ), но затем (по воспоминаниям В.И. Вернадского) принял сан католического священника и эмигрировал, работал при библиотеке Ватикана, обучался в Богословской академии в Инсбруке и умер в 1946 г. в Брюсселе. Вероятно, все четыре наградных медали им. А.И. Антипова утрачены навсегда. К счастью, в коллекции Государственного Эрмитажа в Санкт-Петербурге хранятся бронзовая и серебряная копии.

Помимо передачи Обществу капитала, П.Д. Антипова профинансировала создание штампа медали, выделив дополнительно 400 руб. Из публикаций РМО неизвестно о создании вариантов медали в бронзе и серебре. Можно предположить, что при обсуждении будущей награды рассматривался вариант присуждения не одной, а трёх медалей, как премий I, II и III степени. Но этот вариант предполагает проблему ранжирования работ, которая, наряду с небольшим числом претендентов, затруднена разнообразием научных направлений. С 1865 г. Общество награждало исследователей за работы в области минералогии, геологии и палеонтологии. Первой наградой была премия Общества, которая присуждалась поочерёдно за каждое направление. Таким образом, ранжирование медалей имело бы смысл, если бы каждое направление было представлено многими достойными соискателями, что не соответствовало реальному развитию геолого-минералогических наук в дореволюционной России. В итоге бронзовый и серебряный варианты медали оказались не востребованы. Из Монетного двора в Санкт-Петербурге они были переданы в Государственный Эрмитаж и благодаря этому сохранились до нашего времени.

Художественная выразительность лицевой и оборотной сторон медали соответствует её высокому предназначению (рис. 2). На лицевой стороне размещено грудное влево обращённое изображение А.И. Антипова в партикулярном (т.е. гражданском) платье. Сверху размещена надпись: АЛЕКСЪЙ ИВАНОВИЧЪ АНТИПОВЪ. У левого плеча портрета размещена подпись медальера: А.А. ГРИЛИХ. На оборотной стороне посередине расположена надпись по трём строкам: ИМПЕРАТОРСКОЕ МИНЕРАЛОГИЧЕСКОЕ ОБЩЕСТВО. Снизу и слева надпись обрамляют две венком расположенные лавровые ветви, перевязан-

Рис. 2. Бронзовая медаль им. А.И. Антипова (Государственный Эрмитаж, Санкт-Петербург). Фото: Н.Н. Антонова, И.Э. Регентова. © Государственный Эрмитаж, Санкт-Петербург, 2012.

ные развевающейся лентой. Вверху изображена эмблема горного дела – накрест расположенные молотки. Диаметр медали – 56 мм.

Автор медали – потомственный медальер и выдающийся резчик по камню Авраам Авенирович Грилихес [3-5]. Он родился по разным источникам в 1849 или 1852 гг. в семье художника-медальера А.Г. Грилихеса в г. Вильно (ныне Вильнюс). После учёбы в Виленской рисовальной школе в 1869 г. по настоянию М.М. Антокольского поступил в Императорскую академию художеств в Санкт-Петербурге и в 1869-1876 гг. прошёл полный курс обучения по классу акад. В.В. Алексеева. В связи с отсутствием (за неимением учеников) на тот момент в ИАХ медальерного отделения, специально для А.А. Грилихеса был открыт соответствующий класс и вызван лучший медальер монетного двора П.Л. Брусницын. За время учёбы в Академии был удостоен нескольких наград, его работы были переданы в музей Академии. По окончании обучения поступил на службу медальером при Санкт-Петербургском монетном дворе и в 1882 г. получил звание классного художника I степени. С 1899 г. стал старшим медальером Монетного двора. А.А. Грилихес – автор многих медалей (в т.ч. в память 50-летия Почётного члена Общества акад. Н.И. Кокшарова и в память юбилея Президента Минералогического общества принца Н.М. Лейхтенбергского) и монет, а также работ на камнях (портреты членов монархических семей России и Европы). Все работы, выполненные А.А. Грилихесом, хранились в штемпелях в Монетном дворе или Минц-кабинете Эрмитажа. Он был награждён орденом Св. Анны III степени (1888 г.), скончался в 1912 г.

История создания медали им. А.И. Антипова свидетельствует о серьёзнейшем отношении к стимулированию пионерских научных исследований со стороны не только представителей науки, но и обычных граждан России. Признаки статуса медали – её ценность в реальном денежном эквиваленте, привлечение к работе над медалью ведущего медальера России, стали свидетельством и демонстрацией уважительного отношения к молодым учёным в канун столетнего юбилея Общества.

Впоследствии аналогичных наград для молодых учёных Минералогическое общество не вводило. Впрочем, бронзовая именная юбилейная медаль Всесоюзного минералогического общества, изготовленная на Монетном дворе выдающимся медальером Н.А. Соколовым, подтверждает тот факт, что периоды прогресса в отечественной науке всегда отмечены достойным вниманием со стороны государства. Какие выводы могут быть извлечены из истории медали им. А.И. Антипова? Достойное продолжение традиции Общества может быть воплощено в создании новой наградной медали. Кажется правильным, что акцент и в этот раз должен быть сделан на поддержке молодых исследователей. Дизайн старой медали может быть почерпнут из рисунка А.А. Грилихеса. Что касается названия медали, оно должно быть тщательно обсуждено в Минералогическом обществе. Представляется, что историческое название «медаль Антипова» потеряло актуальность в связи с тем, что новая медаль не будет обеспечена ныне утерянным капиталом, полученным Обществом от П.Д. Антиповой. Помимо обращения к имени мецената (медаль Антипова, премия Нобеля и т.п.), награда может носить имя человека, который может быть признан образцом для подражания со стороны молодых учёных, работающих на переднем крае науки. Такое имя должно относиться к периоду наивысших достижений науки в России, каковой, по нашему мнению, являются 1960-1980-е гг. В любом случае, названию не следует быть калькой с уже существующих отечественных наград, оно должно быть признано членами Общества и отвечать идее «минералогия во всем пространстве сего слова».

Автор приносит благодарность за ознакомление с копиями медали им. А.И. Антипова и их фотографии руководству Государственного Эрмитажа и сотрудникам Отдела нумизматики.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Антипов Алексей Иванович // Википедия. http://ru.wikipedia.org/wiki.
2. Антипова Прасковья Дмитриевна // http://ru.wikipedia.org/wiki.
3. Грилихес Авраам Авенирович // http://www.rulex.ru/01049294.htm.
4. Грилихес Авраам Авенирович // http://ru.wikisource.org/wiki.
5. Грилихес Авраам Авенирович // http://www.kac3.ru.
6. Золотой империал // http://www.tomovl.ru/money/money_Imperial.html.
7. Золотой рубль // http://ru.wikipedia.org/wiki.
8. Крестьянский поземельный банк // http://ru.wikipedia.org/wiki.
9. Соловьев С.П., Доливо-Добровольский В.В. История Всесоюзного минералогического общества. СПб.: Наука, 1992. 334 с.
10. Шпаченко А.К., Войтеховский Ю.Л. История медали им. А.И. Антипова // Современная минералогия: от теории к практике. Матер. XI съезда РМО. СПб., 2010. С. 182-184.
11. Ярославское восстание // http://ru.wikipedia.org/wiki.

РОЛЬ ШКОЛЬНОГО МУЗЕЯ В ГРАЖДАНСКОМ СТАНОВЛЕНИИ ЛИЧНОСТИ [1]

Онохина Е.Ф.

МОУ АОШ № 7 г. Кировска, kirovskschool_7@mail.ru

На современном этапе развития нашего общества формирование патриотизма выступает как одно из условий общественного прогресса. В связи с этим перед обществом ставится задача подготовки гражданина, способного самостоятельно оценивать происходящее и строить свою деятельность в соответствии с интересами окружающих людей. Проблема патриотического воспитания детей постоянно находится в центре внимания общества. Но особую актуальность она приобретает в наши дни, когда общество разрушило старые идеалы и не создало новых. Цель общества – разработка моделей, позволяющих включить творческий потенциал формирующейся личности в общественное развитие.

В Законе РФ «Об образовании» определены требования к воспитательной деятельности [1, 2]. Среди важнейших названа задача патриотического воспитания, воспитание гражданственности, трудолюбия, уважения к правам и свободам человека, любви к окружающей природе, Родине, семье. В законе отмечается, что содержание образовательной деятельности должно быть ориентировано на воспитание патриотизма и гражданственности, интеграцию личности в национальную и мировую культуру, формирование человека, нацеленного на совершенствование общества.

Один из основных источников воспитания гражданственности – память о прошлом. «Гордиться славою своих предков не только можно, но и должно; не уважать оной есть постыдное малодушие» – говорил А.С. Пушкин. Знание исторического и культурного прошлого Родины делает человека духовно богаче, способствует выработке у него активной жизненной позиции. Важно заинтересовать школьников процессом исторического познания. Там, где зародился живой интерес, дело заключается лишь в том, чтобы направить его в нужное русло. Школьный музей может сыграть в этом огромную роль.

Определим гражданственность как комплекс субъективных качеств личности, проявляющихся в выполнении ею основных социально-ролевых функций: осознанной законопослушности, патриотической преданности Родине и защите её интересов, в свободной и честной приверженности к принятым нормам и нравственным ценностям. Тогда можно выделить основные направления, по которым должна строиться работа школьного музея: нравственная культура; внутренняя свобода личности; правовая культура; дисциплинированность; уважение и доверие к другим гражданам; способность выполнять свои обязанности; гармоничном сочетании патриотических, национальных и интернациональных чувств.

Нравственная культура личности представляет собой совокупность развитых нравственного сознания и мировоззрения, нравственных качеств, полноту и последовательность их проявления в само-

[1] По материалам доклада на научно-практической конференции «Кировск и Апатиты. Малые города – большая история: работа с архивными, библиотечными, музейными документами по краеведению» в Государственном архиве Мурманской области в г. Кировске 24-25 октября 2011 г.

регуляции, поведении, общении и деятельности личности. Работа в школьном музее помогает ученикам овладеть правилами поведения и общения со сверстниками и старшими. Работа школьного музея строится на основе самоуправления. Создан Совет музея из числа инициативных учащихся. Ученики с заинтересованностью собирают материалы для музея. Для многих эта работа – школа творческого труда и поиска, общественной активности и гражданственности. Одно из условий успешной деятельности школьного музея – преемственность в работе актива. Она обеспечивается тем, что в его состав включаются учащиеся разных возрастов. Ребята сообща участвуют в сборе материалов, их учёте и хранении, оформлении выставок, проведении экскурсий.

Важнейшей составляющей гражданственности мы считаем внутреннюю свободу личности. Свобода – не конечная цель, это – возможность достигнуть цели. Работа в музее позволяет ребятам учиться ставить перед собой цели, искать пути решения, добиваться результатов. Формирование нравственной культуры и внутренней свободы личности мы ставим рядом. Работая над новыми экспозициями, ребята учатся ставить цели, достигать их в совместной деятельности, слушать и слышать друг друга.

В дискуссиях о правовой культуре можно столкнуться с высказывания о том, что она в России отсутствует. Согласиться с этим нельзя. Правовая культура не есть нечто обособленное, она в той или иной степени присуща как обществу в целом, так и отдельным индивидам. Мои слова подтверждает исследователь А.Р. Ратинов: «Ни в одном из многочисленных исследований разных возрастных групп, включая подростков, не было обнаружено ни одного испытуемого, который не имел бы определённых правовых представлений, оценочных отношений к явлениям правовой жизни… Усвоение правовых ценностей, правовых норм, стандартов правового поведения идёт в течение всей жизни. Даже в самом раннем возрасте человек «с молоком матери» впитывает первые элементы правовой культуры. Он приобретает навыки и усваивает стандарты нормативного поведения, получает первые юридические представления из сказок, в ролевых играх приобретает понятия о функциях права и его представителей и постепенно формирует хотя и примитивную, детскую, но собственную картину правовой жизни. С возрастом, по мере расширения круга общения, усложнения деятельности и выполняемых ролей происходят интенсивное обогащение и развитие этой, равно как и иных, сфер сознания». Так как правовую культуру мы выделяем как элемент гражданственности, то и в работе музея делаем акцент на её формирование.

Одним из основных компонентов в создании школьного музея является составление тематически-экспозиционного плана, т. е. последовательного перечня всех материалов экспозиции. Ребята из совета музея провели кропотливую работу по учёту музейной коллекции. Они определили функциональное либо документальное значение каждого экспоната и его место в экспозиции. В нашем фонде есть документы, подаренные ветеранами педагогического труда: материалы клуба интернациональной дружбы 1970-х гг., фотографии о 50-летнем пути школы, книга памяти с автографами гостей школы, переписка с ветеранами 44-го гвардейского миномётного полка, копии поздравительных открыток, подписанных Б.Н. Ельциным и В.В. Путиным. Есть в коллекции фотоаппараты, кинопроекторы, диапроекторы, пластинки, школьные принадлежности прошлого века. Особое место занимают экспонаты, посвящённые традициям, которыми славится наша школа, материалы из личного архива, подаренные учителями. Сбор материалов ведётся через систему заданий, разработкой которых занимаются совет музея и учителя истории.

В системе работы школьного музея важное место занимают экскурсии. Главный вид экскурсии – по музейным экспонатам. Разрабатывая тематику, учащиеся изучают краеведческую литературу, анализируют фотодокументы и архивные материалы. В результате разработаны следующие экскурсии: «Учительница первая моя», «История школы», «Директор, учитель, друг» и др. Разрабатываются экскурсии: «Традиции школы», «50 лет – славный путь школы», «Выпускникам посвящается…». Планируются экскурсии на английском языке, что позволит использовать музей для работы по направлению «Покажи детям мир». Создана творческая группа учителей, работающих над проблемой: «Роль школьного музея для поликультурного воспитания учащихся». Предполагается расширение экспозиции, что увеличит участие учеников в краеведческую работу. Дизайнерская группа работает над школьным сайтом, где будет размещен материал о музее. Школьный музей стал учебно-материальной базой в преподавании уроков истории. Обстановка музея, просмотр мультимедийных презентаций по теме экспозиции музея делают уроки интересными, эмоциональными и запоминающимися. Внеклассная работа в школьном музее направлена на историко-краеведческое воспитание. Встречи учащихся с ветеранами войны и педагогического труда, традиционные праздники ко Дню Победы, викторины по краеведению, традиционные конференции – всё это развивает интерес и углубляет знания учащихся по истории родного края.

Внеклассная работа по истории края в школе является одним из методов воспитания любви к нему и формирования гражданской позиции. Она раскрывает учащимся связи родного края с Родиной, помогает уяснить неразрывную связь, единство истории каждого города и села с жизнью нашей страны, почувствовать причастность к ней каждого школьника. Внеклассная работа краеведческого характера играет существенную роль в формировании патриотизма молодого поколения в идейно-политическом воспитании учащихся.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Федеральный закон «Об образовании». М.: Инфра, 2007. С. 38.
2. Государственный образовательный стандарт // Министерство общего профессионального образования Свердловской обл. Екатеринбург: ИРРО, 1999. С. 67-72.

ИСТОРИЧЕСКАЯ РОЛЬ УЧЁНЫХ КОЛЬСКОГО НАУЧНОГО ЦЕНТРА В ОСВОЕНИИ ХИБИНСКИХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ И СОЗДАНИИ ПЕРЕДОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ [1]

Писарева Т.М.

Центр гуманитарных проблем КНЦ РАН, Апатиты, museum@admksc.apatity.ru

«История открытия, изучения и освоения величайших в мире апатит-нефелиновых месторождений в Хибинском массиве является одной из крупнейших побед большевиков, одной из захватывающих и волнующих иллюстраций осуществления в практике жизни лозунга единения науки и труда»

А.М. Оранжиреева [1]

Рис. 1. Карта Баренц-региона.

Статья представляет «Выставку рационального использования природных ресурсов Кольского п-ова», в которой систематизирован 80-летний опыт формирования стратегии природопользования в Евро-Арктическом регионе (рис. 1).

Начну с недавнего эпизода. Мама с ребенком 7-летнего возраста проходили мимо памятника А.Е. Ферсману в г. Апатиты. «Кто это?» – спросил ребёнок. Посмотрев на памятник, мама ответила: «Карл Маркс». Я не очень удивлена ответом, потому что большинство посетителей музея тоже не знает имя А.Е. Ферсмана. Плохо, что это имя не знают даже наши земляки. Зная это, в экскурсиях и экспозициях музея мы стараемся показать ведущую роль и имена ученых КНЦ в освоении края и создании технологий добычи и переработки минерального сырья, а также эффективных средств защиты от техногенного загрязнения (рис. 2, 3).

[1] По материалам доклада на научно-практической конференции «Кировск и Апатиты. Малые города – большая история: работа с архивными, библиотечными, музейными документами по краеведению» в Государственном архиве Мурманской области в г. Кировске 24-25 октября 2011 г.

Рис. 2. Музей-выставка.

Рис. 3. Экскурсия.

Более 90 лет назад в Мурманской области по инициативе Российской академии наук началось первое в мировой истории цивилизованное освоение диких территорий Крайнего Севера (рис. 4). За 10 лет напряжённых поисков удалось доказать, что природные ресурсы края на многие десятилетия могут обеспечить национальные потребности в остро дефицитных видах минерального сырья. Их последующее освоение стало основой существования новой цивилизации и одновременно – источником экологических проблем (рис. 5). Сразу возник вопрос, как рационально использовать такие богатства в народном хозяйстве, не нанеся невосполнимого ущерба легко ранимой северной природе. Вот несколько примеров природоохранных мероприятий.

Рис. 4. Академгородок в г. Апатиты.

Рис. 5. Открытая разработка месторождения.

В результате длительной деятельности горно-перерабатывающих предприятий в Мурманской области накоплено примерно 9 млрд. т отходов, представленных вскрышными породами, хвостами обогащения, металлургическими шлаками, которые по содержанию полезных компонентов можно отнести к техногенным месторождениям. Их складирование выводит из хозяйственного оборота земли, нарушает гидрогеологическое равновесие, загрязняет воздушный бассейн и водоёмы пылью (рис. 6).

Одно из важных направлений комплексного и экологически безопасного освоения недр – использование подземных и поверхностных техногенных пустот для утилизации промышленных отходов, имеющих промышленную ценность и требующих дальнейшей переработки. Классика горнодобывающей промышленности – апатит-нефелиновые месторождения Хибин. В хвостохранилищах ОАО «Апатит» накоплено более 900 млн. т нефелиновых отходов. Это самое большое в мире и лучшее по качеству рукотворное месторождение, которое может служить сырьевой базой для многих химических предприятий. Ещё в 1929 г. учёные Кольской Базы предложили комплексную переработку апатит-нефелиновых руд, нефелин имел не меньшую ценность, чем апатит. Всего три алюминиевых завода нужно было перевести на нефелиновое сырье и, возможно, сейчас не было бы у нас гигантского хвостохранилища…

Коренное решение проблемы использования нефелина, сфена, эгирина в народном хозяйстве дают новейшие кислотные технологии обогащения апатит-нефелиновых руд. Получение коагулянтов (очистителей) из нефелина таким способом позволило создать в ОАО «Апатит» первую в мире промышленную

Рис. 6. Гигантское хвостохранилище – техногенное месторождение.

Рис. 7. Массовый взрыв.

линию по выпуску 90 тыс. т коагулянта-флокулянта в год для очистки оборотных и сточных вод обогатительной фабрики, а также коммунальных и сельскохозяйственных предприятий. Широкомасштабное применение коагулянта на водоочистных сооружениях подтвердило его высокую эффективность и заинтересовало потребителей в России и за рубежом. В ОАО «Апатит» также создан завод по производству простейших бестротиловых водосодержащих взрывчатых веществ на основе нефелина, различные составы которых позволяют успешно применять их на горнодобывающих предприятиях Северо-Запада и снизить объёмы завоза взрывоопасных грузов (рис. 7).

К последним инновационным разработкам относится производство из сфенового концентрата титанофосфатного сорбента для очистки воздуха от органических и бактериальных загрязнений, радиоактивных жидких отходов от радионуклидов Cs, Sr, Co, Ni, а также стоков предприятий цветной металлургии и гальванических производств. Технология реализована на ОПУ «Пигмент» ОАО «Апатит», ФГУП «Атомфлот», Кольской АЭС и др. Но использование отходов рудообогащения остаётся низким. С целью сохранения складируемого минерального сырья с последующим использованием и для улучшения экологической обстановки учёными ГоИ КНЦ РАН разработана технология биогеобарьера, основанная на естественном почвообразовании. Его суть заключается в образовании дернины на техногенном субстрате без нанесения плодородного слоя под полимерным покрытием.

Рис. 8. Покрытие откосов карьера биорикулатом.

Высокую оценку на международных инновационных выставках получила концепция восстановления техногенно нарушенной природной среды, основанная на управлении регенерационным потенциалом экосистем. К ним относится универсальное полимерное покрытие «Биорикулат» (водная полимерная эмульсия, рис. 8) как лучшее средство борьбы с ветровой и водной эрозией. Такие технологии используются на всех хвостохранилищах предприятий Кольского ГПК, а также при ликвидации аварий на АЭС (в Чернобыле для предотвращения разноса радиоактивной пыли), обустройств газоконденсатных месторождений (Ямала).

Уникальным по набору полезных ископаемых и их запасам является Ковдорский массив, к которому относятся крупнейшие в мире месторождения вермикулита, обладающего высокими природными сорбирующими и огнестойкими свойствами. И на основе вермикулита учёными ГоИ разработана технология получения универсальных биоактивированных сорбентов для удаления нефтяных разливов в водоёмах, очистки водоёма в целом, донных отложений, снижения нефтяных загрязнений почвенных систем, локализации тяжёлых металлов. Такие

сорбенты отвечают экологическим требованиям, обладают исключительными технико-эксплуатационными характеристиками, многократно используются после регенерации (рис. 9).

Весьма оригинальную технологию гидропонного субстрата «Версойл» на основе вермикулита предложили наши ботаники (рис. 10). Это ещё один пример создания дернины на пылящих хвостах обогащения. А выращивание любых растений (в том числе и плодоовощной продукции), культивируемых без пересадок более 10 лет, даёт высокий экологически чистый урожай и позволяет кардинально снизить издержки производства и себестоимость продукции. За всеми разработками стоят имена учёных, удостоенных правительственных наград.

Рис. 9. Травяные покрытия на хвостохранилищах Ковдора.

Рис. 10. Версойл.

Рис. 11. Гидропонный субстрат.

Рис. 12. «Тиетта».

Принципиально новый подход к рациональному использованию природных ресурсов не только предполагает совершенствование технологий переработки руд с максимальным извлечением компонентов, утилизацию и использование отходов, но также ориентирован на создание в регионе цепочки производств от горно-обогатительных до производящих конечную наукоемкую продукцию. Это позволит сохранить высокий сырьевой потенциал и поднять его на новый уровень, обеспечивающий выход на мировой рынок. Приглашаю всех в «Тиетту» на берегу красивого оз. Имандра (рис. 12).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Оранжиреева А.М. Работа Академии наук СССР и социалистическое строительство на Кольском п-ове. Апатиты: Изд-во КНЦ РАН, 2008.

РОЛЬ АРХИВНЫХ ДОКУМЕНТОВ В ИЗУЧЕНИИ ИСТОРИИ ОСВОЕНИЯ МОНЧЕ-ТУНДРЫ [1]

Подгорбунская Т.И.

Государственный архив Мурманской области в г. Кировске, gamo_zapros@rambler.ru

В становление комбината «Североникель» и Мончегорска внесли свой вклад люди многих профессий: геологи, проектировщики, строители, горняки, металлурги... Но первые страницы истории Монче-Тундры написаны геологами. В данной статье говорится о том, что объективное изучение истории освоения Монче-Тундры невозможно без обращения к архивным документам.

К концу 1920-х стало ясно, что запасы апатит-нефелиновых руд Хибинских тундр позволяют начать их промышленное освоение. В ноябре 1929 г. организован трест «Апатит», который в течение нескольких лет оставался единственным горнодобывающим предприятием Кольского п-ова. В первые годы его деятельности решением ВСНХ [2] на него были возложены обязанности не только по добыче и переработке апатит-нефелиновых руд, но и проведение поисковых и геологоразведочных работ, работ по освоению месторождений полезных ископаемых в других частях региона. Поэтому понятно, почему в архивах «Апатита» сохранились документы о геологоразведочных работах на месторождениях медно-никелевых руд Монче-Тундры (рис. 1).

Рис. 1. Хребет Монче-Тундра. Вид с Монче-губы. 1932 г. [17].

По значимости после хибинских апатитовых месторождений идут месторождения медно-никелевых руд, заслуга открытия которых в 1930 г. принадлежит акад. А.Е. Ферсману с коллегами. Позднее, в 1932-1933 гг., Северо-Западным геологоразведочным трестом (СЗГРТ) выполнены геологическая съёмка, поиски и предварительная разведка этих районов. Работами С.М. Рутштейна освещена геология и петрография гг. Нюдуайвенч, Сопчуайвенч, Кумужья Варака и Ниттис. Проф. В.К. Котульский дал обзор медно-никелевых месторождений Монче-Тундры и подсчитал запасы по II участку г. Нюдуайвенча [12]. В 1932 г. утверждены запасы медно-никелевых и железных руд отдельных месторождений Заимандровского р-на и подтверждено заключение Академии наук о промышленном значении сульфидов Мончи [20]. Нелегко открывала она свои тайны. Над их разгадкой работали первопроходцы – геологи Академии наук, Ленинградского горного института, Ленинградского районного геологоразведочного треста, в 1932 г. преобразованного в Северо-Западный геологоразведочный трест и, конечно же, треста «Апатит».

План действий треста «Апатит» включал поисковые работы в Монче-Тундре и Приимандровском районе на медно-никелевые руды. Богатство и разнообразие объектов требовало продуманной очередности работ, новизна отдельных видов сырья – углубленного научно-исследовательского изучения, а твёрдая установка на комплексность использования – подчинение всех работ главной цели. Удалённость района от основных промышленных центров требовала от треста такого подхода к использованию сырьевой базы, при котором переработку

[1] По материалам доклада на научно-практической конференции «Кировск и Апатиты. Малые города – большая история: работа с архивными, библиотечными, музейными документами по краеведению» в Государственном архиве Мурманской области в г. Кировске 24-25 октября 2011 г.

[2] Высший Совет Народного Хозяйства.

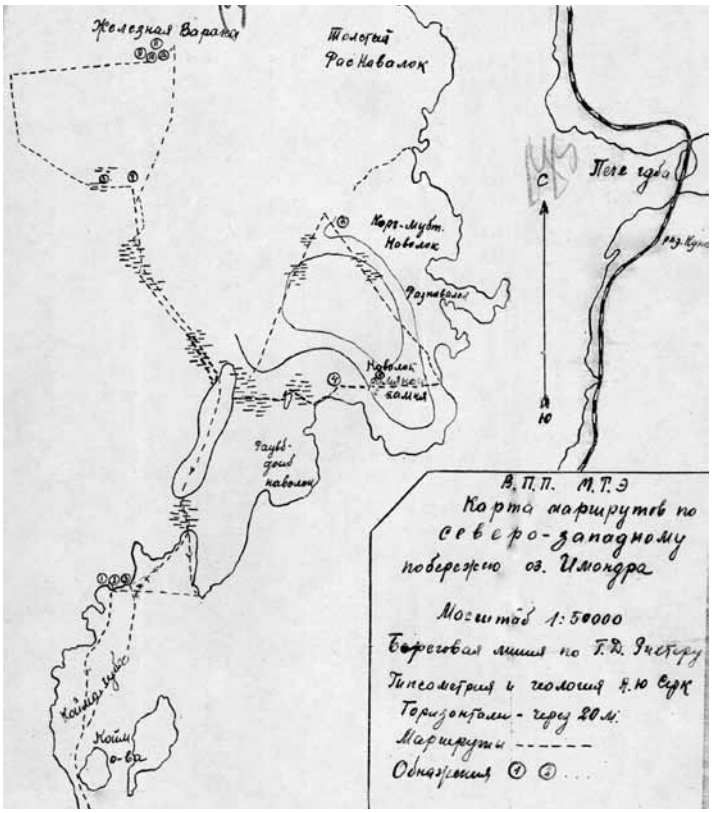


Рис. 2. Карта геологических маршрутов по Северо-Западному берегу оз. Имандра. 1932 г. [8].

сырья следовало проводить на месте, чтобы для транспортировки предъявлялся по возможности готовый продукт. Единственным путём разрешения задачи было комплексное использование сырья.

Постановлением правительства от 27 января 1932 г. принято решение приступить к комплексному исследованию Монче-Тундры к западу от оз. Имандра силами треста «Апатит». Наиболее целесообразной системой работ оказалось комбинирование научных институтов с трестовскими исследовательскими ячейками[3]. Для объединения и руководства геологоразведочными и научно-исследовательскими работами в системе «Апатита» было создано Бюро Монче-Тундра (приказ управляющего трестом от 02.02.1932 № 78) [6]. Летом 1932 г. по рекомендации Ленинградского обкома ВКП (б) Ленинградский геолого-разведочный трест на договорных началах с «Апатитом» начал широкие разведочные работы в Монче-Тундре (рис. 2). Одновременно действовали и поисковые отряды Академии наук. Но ЛГРТ [4] заметно уступал им в районе г. Нюдуайвенч. На зиму разведка прекращалась, партии уезжали в Ленинград на камеральную обработку материалов, что тормозило работу треста [5]. В 1933 г. было решено создать при «Апатите» более работоспособную разведочную партию для работы на гг. Нюдуайвенч, Сопчуайвенч и Кумужьей вараке. Приказом управляющего трестом от 11.02.1933 № 40 на базе Бюро Монче-Тундра организована контора Новпромапатит, в функции которой входила организация геологоразведочных работ не только собственными силами, но и через контрагентов на договорных условиях, а также организация научно-исследовательской работы, строительство промышленных, жилищно-коммунальных и материально-снабженческих баз (рис. 3) для разведки и эксплуатации осваиваемых районов [10].

---

[3] В разное время это были Новпромапатит, Центральная химическая лаборатория, Центральная испытательная станция, Опытный фосфорный завод.

[4] Геологическая служба страны в тот период времени непрерывно реорганизовывалась: в 1931 г. на базе Ленинградского РайГРУ организован Ленинградский районный геологоразведочный трест (ЛГРТ) Ленгеоразведка, а на Кольском п-ове образованы сначала Хибиногорская (ее создание одобрил президиум Хибиногорского горсовета 18.09.1931) [1], а затем Мурманская геологоразведочные базы ЛГРТ. В конце 1932 г. ЛГРТ преобразован в Северо-Западный районный геологоразведочный трест (СЗРГТ).

Новпромапатит имел целью выполнение комплекса горно-геологических и разведочных работ, начиная с поисковых и кончая проектированием опытных рудников и заводов. Разнообразная деятельность этого учреждения была связана с разнообразием объектов новых горных промыслов: апатит, сфен, нефелин, ловчоррит, молибденит, пирротин, медно-никелевые, железные, циркониевые и другие руды. Особенности сырья заставляли заботиться о комплексной методике их исследования, поэтому в составе Новпромапатита были объединены работники разных специальностей, всего 35 человек технического персонала, из которых 20 – с высшим образованием. Личный состав конторы был укомплектован квалифицированным персоналом за счёт ликвидированных в 1933 г. Бюро Монче-Тундры и Бюро редких элементов треста «Апатит», Хибинской группы ИМУ, Хибиногорской базы ЛГРТ и Мурманского консультационного геологического бюро [5] [9].

Новпромапатит опирался не только на собственные кадры, но и на исследовательские учреждения, с которыми работал на основе договоров: Центральный научно-исследовательский геологоразведочный институт (ЦНИГРИ), Главное геолого-гидро-геодезическое управление (ГГГУ), Академия наук СССР, Ленинградский горный институт, Государственный институт прикладной химии (ГИПХ) и др. Через Новпромапатит велись работы в Монче-Тундре и Заимандрском районе по поискам железа, причём основную разведку вел СЗГРТ. В Монче-Тундре по договору с трестом «Апатит» СЗГРТ провёл широкие работы на медно-никелевые руды с применением электрометрии. В связи с большими перспективами работ Новпромапатитом были организованы собственные петрографический кабинет и шлифовальная мастерская, в которых под руководством проф. П.Н. Чирвинского проведён ряд петрографических исследований по общей геологии и обогащению полезных ископаемых.

Рис. 3. Один из первых домиков в Монче-Тундре. 1932 г. [17].

[5] С апреля 1932 г. по февраль–март 1933 г. существовало Особое геологическое бюро при Мурманском окружном отделе ОГПУ – «Мурманская шарашка», сотрудники которого сначала были консультантами, а затем сотрудниками в различных структурах треста «Апатит» и комбината «Североникель»: Котульский В.К. – зав. бюро, горный инженер, гл. геолог и зам. директора НИГРИ месторождений металлов, проф., зав. кафедрой разведочного дела Горного института; Берлинг Н.И. – зам. зав. бюро, геолог, зав. Бюро учета Геолкома; Годовиков В.Н. – инж.-геолог; Джаксон М.Н. – горный экономист, сотрудник Отдела учета полезных ископаемых Геолкома; Константов С.В. – тех. рук. по железным рудам, горный инж.-геолог, сотрудник Геолкома; Малявкин С.Ф. – тех. рук. по неметаллическим ископаемым, горный инж., дир. НИГРИ нерудных ископаемых, проф. Горного института; Раковщик М.Е. – инж.-технолог, обогатитель, зав. КБ Опытного завода ГИПХа; Серк А.Ю. – геолог, сотрудник Отдела учета полезных ископаемых Геолкома; Чирвинский П.Н. – петрограф и минералог, проф. Донского политехнического института; Хавский Б.Н. – топограф-геодезист [22].

В отчёте треста «Апатит» по геологоразведочным работам за 1934 г. читаем: «Мончетундровские месторождения находятся на западном берегу оз. Имандра на 26-30 км к востоку от ст. Имандра Кировской жел. дор. Уже выявлены три центра медно-никелевого оруденения: Нюдуайвенч, Сопчуайвенч и Кумужья Варака. В итоге интенсивных разведочных работ общий запас металла по никелю был оценен в 50 000 т. … Целью научно исследовательских работ в 1934 г. являлось общее выяснение вопроса о методе переработки руд Монче-Тундры. Работы по изучению процесса обогащения руд проводились в институте «Механобр» и на Центральной испытательной станции треста «Апатит» [6], по металлургическому переделу их – в НИС Ленинградского Горного института. …Строительные работы треста «Апатит», связанные с освоением района, заключались в постройке жилых зданий постоянного и временного типа и разных хозяйственных построек. Кроме того, производились работы по постройке грунтовых дорог и Килеваевского кирпичного завода. В результате этих работ в Заимандровском районе Монче-Тундры появился посёлок на Монча-Губе как основная отправная база освоения района, и рабочие пункты на самих месторождениях: Нюдуайвенче (рис. 4) и Сопчуайвенче, а также рабочий пункт кирпичного завода на Килеваевском наволоке» [11].

Рис. 4. Дорога на Нюдуайвенч. 1933 г. [18].

Значительная потребность и необеспеченность страны в никеле [7] заставляла уделять самое серьёзное внимание каждому месторождению этого металла, в том числе сульфидным рудам Монче-Тундры, тем более, что в мировом производстве никеля этот тип является главным, для него можно применить методы обработки, освоенные в мировой практике. В феврале 1934 г. «Апатитом» подготовлена техноэкономическая записка о медно-никелевом месторождении Монче-Тундры и представлена для рецензии экспертам проф. А.Н. Кузнецову (НИС ЛГИ), проф. Н.П. Асееву (ЛГИ), проф. Е.Г. Деречей (гл. инж. Главцветмет Минцветметзолото), Блохину (инициалы не указаны, гл. инж. по геологии Главгеогидрогеодезия), проф. Г.Г. Уразову и др. Мнения авторов записки и экспертов единодушно указывали на чрезвычайно благоприятные перспективы Кольского п-ова в отношении медно-никелевых руд. Преимуществами района, в отличие от Айдырлинских и Халиловских месторождений, были близость Мурманской ж.д., источников водоснабжения, наличие леса, местных стройматериалов, промышленного центра (г. Хибиногорск) и возможность использования Нивской гидроэлектростанции. Эти аргументы позволили «Апатиту» приступить к промышленному освоению Монче-Тундры. Техноэкономическая записка с отзывами рецензентов была направлена Народному комиссару тяжёлой промышленности С. Орджоникидзе и секретарю Ленинградского обкома ВКП (б) С.М. Кирову с предложением выделить тресту финансирование в размере 6175000 руб. [13].

25 сентября 1934 г. состоялось совещание в Главникельолово об организации никелевой промышленности в СССР. Заслушаны доклады т. Гудалина (инициалы не указаны) «Состояние разведочных работ

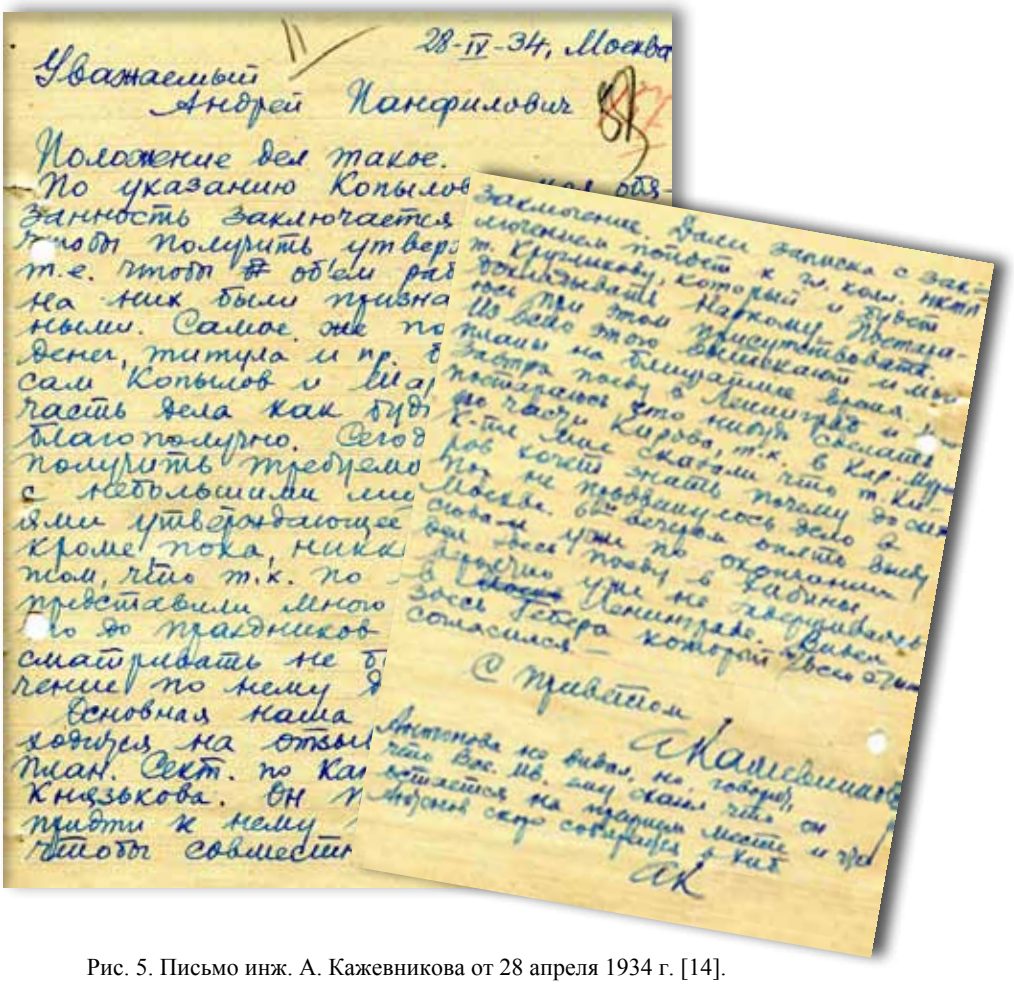
---

[6] Испытывались пробы Нюдуайвенча, Сопчуайвеча и вкрапленных руд Кумужьей Вараки. Работы проводились в заводском масштабе сначала на небольшой ловчорритовой обогатительной фабрике, затем в одной из секций апатито-нефелиновой обогатительной фабрики [14].

[7] В докладной записке пом. нач. Главцветмета И.Я. Шульман в Главное управление по добыче, обработке и реализации цветных металлов НКТП СССР от 15.05.1934 заявляется потребность страны в никеле на 1937 г., исчисленная Госпланом Союза ССР в 12 тыс. т, из которых реально в СССР можно получить только 3 тыс. т [13].

никелевых месторождений Кольского п-ова», Цейдлера (инициалы не указаны) «Перспективы промышленного использования сульфидных никелевых месторождений Кольского п-ова», секретаря Карело-Мурманского комитета (?) Мильнера (инициалы не указаны) «Работа треста «Апатит» по никелевым месторождениям Кольского п-ова». После их обсуждения принято постановление о том, что «ввиду недостаточной активности треста «Апатит» в деле развития никелевой проблемы Кольского п-ова просить Главникельолово выйти с ходатайством в НКТП о немедленном выделении всего комплекса никелевых проблем Кольского п-ова из треста «Апатит» и передачи этих проблем в ведение Главникельолово со всеми материалами, средствами, аппаратурой и персоналом, прикрепленном в настоящее время к работе по никелю» [13]. В октябре 1934 г. на Кольский п-ов прибыла комиссия Главникельолово, которая посетила места разведки. По её докладу при тресте «Апатит» было создано специальное управление «Североникель». В январе 1935 г. комиссия от Наркомтяжпрома. Результатом её работы стал приказ народного комиссара тяжёлой промышленности от 10.05.1935 № 575, согласно которому «Североникель» был выделен из «Апатита» в систему Главникельолово и стал самостоятельным предприятием цветной металлургии.

Итак, в документах треста «Апатит» сосредоточилась история возникновения, становления и развития не только гиганта горнодобывающей промышленности и его обогатительных подразделений, но и первые страницы истории комбината «Североникель» и Мончегорска. Теперь, когда с подавляющего большинства архивных документов снят гриф секретности, они стали доступнее всем, кто хочет узнать историю своей малой родины. Распорядительные документы вышестоящих организаций и руководящих органов предприятия, планы, отчёты, сметы и штатные расписания, и много других официальных бумаг помогут проследить каждый этап большого пути. Кроме документов, которые мы уже приводили и цитировали, это протоколы совещания начальников исследовательских партий, работавших летом 1931 г. в Хибинах под председательством акад. А.Е. Ферсмана на станции «Тиетта» [4]; заседания оргбюро по созыву геологоразведочной конференции по Кольскому п-ову в Мурманске от 02.11.1932 [8]; конференции пред-


28-IV-34, Москва

Уважаемый
Андрей Панфилович

Положение дел такое.
По указанию Копылов
занность заключается
чтобы получить утвер
т.е. чтоб об'ем раб
на них были привна
ными. Самое же по
деньги, титула и пр. в
сам Копылов и Ша
часть дела как буд
благополучно. Сегод
получить требуемо
с небольшими ис
ями утверждающее
Кроме того, ника
том, что т.к. по
представили мою
но до праздников
смотривать не б
жение по нему
Основная наша
ходится на отды
тиан. Сект. по Ка
Князькова. Он
притти к нему
чтобы совместит

Заключение. Вами записка с зак
ключением попасть к т. ком. нкт
т. Крумкиной, который и будет
вызывать Наркому. Хочется
чтобы Вы этого присутствовали.
Планы на ближайшее время.
Завтра поеду в Ленинград и
постараюсь это ничто сделать
по части Кирова, т.к. в Кар.-Мур
К-тет мне сказали что т. Ки
Поэтому хочется знать почему
Москве. Об'ясняющееся дело
словами все дело уже по окончании
Вернусь уже не застану
в Ленинграде. Вилен
Зосе Гебера которой
согласился —

С приветом

Рис. 5. Письмо инж. А. Кажевникова от 28 апреля 1934 г. [14].

ставителей треста и научно-исследовательских институтов страны по вопросу комплексной переработки полезных ископаемых от 04.12.1931 [3] и др.

Может вызвать интерес у пользователей архивной информации, к примеру, сводный план работ отрядов Кольской экспедиции (на средства гостреста «Апатит») летом 1931 г. с указанием тем работ и их значения для народного хозяйства, задания отрядам с указанием района и сроков полевых и камеральных работ, а также сроков представления отчётов, составитель – учёный секретарь Кольской базы Академии наук А. Оранжиреева [5]. Или сведения о работах Кольской комплексной экспедиции АН СССР в 1931 г., руководитель – О.А. Воробьёва, название отряда – Волчье-тундровский геолого-поисковый отряд (5 чел.), задачи – геологические, геохимические и петрографические исследования, поиски месторождений полезных ископаемых. Район – северная часть Монче-Тундры, Волчья тундра, Тайбола-Тундра и Свинцовая тундра [2].

21-25 ноября 1932 г. в Мурманске, а затем 27 ноября в Хибиногорске прошла I Заполярная геологоразведочная конференция с участием ведущих специалистов и практиков геологоразведочного дела. В докладах шла речь о результатах работы по выявлению минерально-сырьевых богатств Кольского п-ова. Конференция подтвердила, что успешные геологоразведочные работы 1929-1932 гг. позволили выдвинуть регион на уровень всесоюзного масштаба. Докладчики осветили состояние научного и промышленного освоения этих недр и наметили перспективы расширения сырьевой базы и рационального использования минеральных ресурсов.

Проф. П.Н. Чирвинский писал брату в 1939 г. о том, что единственным его утешением в ссылке является наука. Но высказывал опасения, что рукописи его, вероятно, теряются целиком или частично в редакциях [21]. В архивах «Апатита» имеется текст его доклада на I Заполярной геологоразведочной конференции 22 ноября 1932 г. с пометками, пояснениями и рисунками, а также ряд рукописных и машинописных документов. Возможно, это работы, которые он считал утраченными [15].

Есть в фонде и примеры деловой переписки, содержащей информацию и личного характера, по которой читатель может составить представление о жизни людей и страны в тот период. Интересен рапорт инженера Ф.П. Харченко начальнику конторы Новпромапатит от 22.04.1934 о том, что житель пос. Хибины лопарь Архипов Архип Миронович, который на протяжении 7 лет был проводником у геолога В. Рамзая во время его посещений Кольского п-ова, знает месторождение сульфидов на о-ве Высоком. А.М. Архипов рассказал геологам, как в 1892 г. В. Рамзай посетил остров и сказал, что там есть медная руда. Детальное рассмотрение «скал коренной породы» позволило геологу сделать заключение, что «ни одного оруденения, заслуживающего хотя бы какого-нибудь внимания, на острове не встречено» [13] (рис. 5).

С каждым годом к архивным документам ГОУ ГАМО в Кировске обращается всё больше пользователей: учёные и специалисты различных областей знания, краеведы-исследователи, студенты и школьники и т.д. С использованием архивных документов написано и опубликовано в средствах массовой информации немало работ. Но ещё очень много непрочитанных страниц ждут своего исследователя.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ф. Р-428. Оп. 1. Д. 5. Л. 278.
2. Ф. Р-179. Оп. 1. Д. 13. Л. 28.
3. Ф. Р-179. Оп. 1. Д. 32. Л. 131.
4. Ф. Р-179. Оп. 1. Д. 89. Л. 25.
5. Ф. Р-179. Оп. 1. Д. 90. Л. 50.
6. Ф. Р-179. Оп. 1. Д. 98. Л. 53-54.
7. Ф. Р-179. Оп. 1. Д. 120. Л. 109.
8. Ф. Р-179. Оп. 1. Д. 190. Л. 79.
9. Ф. Р-179. Оп. 1. Д. 202. Л. 3.
10. Ф. Р-179. Оп. 1. Д. 246. Л. 58.
11. Ф. Р-179. Оп. 1. Д. 288. Л.1; Д. 315. Л.1.
12. Ф. Р-179. Оп. 1. Д. 397. Л. 3-8.
13. Ф. Р-179. Оп. 1. Д. 445. Л. 64-65.
14. Ф. Р-179. Оп. 1. Д. 455. Л. 8-8об, 21-33, 58-58об, 122-130.
15. Ф. Р-179. Оп. 1. Д. 501. Л. 58-65.
16. Ф. Р-179. Оп. 11. Д. 173.
17. Ф. Р-520. Оп. 1. Д. 3216.

18. Ф. Р-520. Оп. 1. Д. 3213.
19. Ф. Р-520. Оп. 1. Д. 3218.
20. Оранжиреева А.М. Работа АН СССР и социалистическое строительство на Кольском п-ове. 1920-1935 гг. Апатиты: Изд-во КНЦ РАН, 2008. С. 62-65.
21. Шпаченко А.К. Нордическая фаза П.Н. Чирвинского // Тр. II Ферсмановской научной сессии. Апатиты: Изд-во K & M, 2005. С. 26-30.
22. Шпаченко А.К. Особое геологическое бюро при Мурманском окружного отделе ОГПУ. 1932-1933 гг. // Тр. IV Ферсмановской научной сессии. Апатиты: Изд-во K & M, 2007. С. 56-62.

А.Е. ФЕРСМАН – ОБЩЕИЗВЕСТНЫЙ И МАЛОЗНАКОМЫЙ

Раменская М.Е.

Географический факультет МГУ, Москва, ramuza@yandex.ru

Хотя Геологический институт КНЦ родился через 6 лет после смерти акад. А.Е. Ферсмана, весь коллектив института – его наследники. Два года назад автор выступила с предложением подготовить к изданию дополнение к биобиблиографии А.Е., поскольку последняя вышла в свет в 1964 г. Список работ, вышедших после 1964 г., опубликован в трудах Ферсмановской сессии 2010 г. После этого руководство Минералогического музея любезно допустило меня в свой архив, предоставив картотеку Е.М. Ферсман. Она включает все публикации А.Е. и его выступления на конференциях и по радио. Е.М. собирала публикации в виде журналов и сборников. Но прежде, чем попасть в архив Минералогического музея, который в эти годы ремонтировался, архив А.Е. неоднократно переезжал. Далеко не все работы, собранные Е.М. в течение жизни, попали в музей.

В результате знакомства с картотекой стало ясно, что библиография 1964 г. далеко не полна. Так, нет ни одной рецензии на труды А.Е. и многих его работ. Список материалов о нём вырос от 228 названий, приведённых в Трудах Ферсмановской сессии 2010 г., до 600, хотя газетные публикации из нового списка исключены. Разумеется, библиограф не обязан прочитывать каждую работу, которую учитывает, но некоторое знакомство необходимо). Во всяком случае, каждую работу надо просмотреть, для чего двух лет мало. Среди работ, учтённых в картотеке, есть и такие, что к биобиблиграфии отношения не имеют, например, специальные работы со ссылками на А.Е. Знакомство с картотекой расширяет представления об А.Е. общеизвестном, но также знакомит с неожиданными сторонами этой многогранной фигуры.

Лаконичнее всего о главных заслугах А.Е. пишет журнал «Химия и жизнь», посвящённый 50-летию Октябрьской революции, где говорится о заслугах учёных в связи с химизацией нашей промышленности. «Минералог и геохимик, организатор освоения подземных богатств Кольского п-ова и Каракумов, Урала и Забайкалья, инициатор внедрения аэрофотосъёмки в научные изыскания, автор капитальных трудов по геологии и геохимии и писатель, чьими научно-популярными книгами зачитывается молодёжь…» [1]. Тут же приведены цитаты из его работ об изучении производительных сил страны и химизации народного хозяйства, которые освещают его как экономиста и организатора комплексного использования сырьевых ресурсов. Авторы редакционной статьи забыли только о его, совместной с Я.С. Эдельштейном, инициативе по введению географии в качестве дисциплины в программы высшей школы и то, что он был деканом первого в СССР географического факультета. Покажем, в каких публикациях освещены перечисленные заслуги.

А.Е. в первую очередь был минералогом, но как о минералоге о нём монографий нет, статьи освещают отдельные стороны его деятельности. Акад. Ф.В. Чухров [19, 20] пишет, что он вслед за акад. В.И. Вернадским к минералам относил однородное природное вещество в любом агрегатном состоянии, задачей минералогии считал изучение минералов как физико-химических систем, зависящих от состава, структуры и условий образования. (Акад. Н.П. Юшкин отмечает, что в работах А.Е. упомянуто свыше 1500 минеральных видов; большое число минералов описано им монографически [22]; статья Н.П. посвящена топоминералогии, т.е. региональной минералогии в трудах А.Е). Ему принадлежат термины «генетическая минералогия»; «типоморфизм минералов» и развитие этих представлений [13, 19]. Им заложены основы изучения неоднородности минералов, расширено понятие о парагенезисе [19, 20]. Одна из ярких заслуг А.Е. как минералога – им собрано и передано в Минералогический музей Академии наук 90 коллекций минералов, систематизировались и готовились экспозиции [8, 11].

Об А.Е. как геохимике чётче других написано у А.С. Поваренных [16], В.В. Щербины [21] и А.И. Перельмана [15]. Они отмечают развитие им идей о распространённости элементов; ему принадлежит термин «кларк», который используется только в русскоязычной литературе. Велика его роль в изучении миграции элементов, их рассеяния и концентрирования; связи всех процессов и геохимии каждого элемента с периодической системой; энергии геохимических процессов, региональной геохимии – им заложены методы геохимической картографии; эволюции геохимических процессов в связи с историей Земли, разработке прикладной геохимии. Этой проблеме посвящена книга [6]. А.Е. принадлежит понятие техногенной миграции элементов и начало экологического подхода к добыче и переработке полезных ископаемых. Изучение геохимии отдельных элементов отразилось на поисках и изучении редких элементов [18].

По поводу освоения подземных богатств, кроме Кольского п-ова, больше всего работ касается Урала и Среднеазиатских республик СССР. Так, им целиком посвящён выпуск Записок Узбекистанского отделения ВМО [9]. Среди работ, не попавших в библиографию 1964 г., о роли А.Е. в развитии аэрометодов в СССР, встречаются единицы, но первая монография по аэрофотосъёмке посвящена его памяти [12]. Что касается А.Е. как популяризатора науки, то кроме восторженных отзывов и рецензий на них, воспоминаний ветеранов геологии о выборе профессии благодаря его книгам, имеются методические пособия для учителей средней школы, основанные на них [3, 4].

Кажется, ничего нового не ждёшь от статьи с названием «Странная экспедиция в тундру: 11 женщин и 1 мужчина»! Но там рассказывается не о самой экспедиции, а о попытке достать для неё обувь. И названием статьи служат первые слова резолюции с отказом её предоставить. Приведённые в статье документы содержат новые имена и сведения о первой экспедиции в Хибины [5]. … Мало кому известно, что А.Е. стоял у истоков спелеологических исследований и был членом оргкомитета 1-го спелеологического совещания, состоявшегося через 2 года после его смерти [7]. Среди специалистов по метеоритам А.Е. тоже считается своим. Комитет по метеоритам при Президиуме РАН берёт своё начало от комиссии по метеоритам, организованной им при Минералогическом музее [10].

Но самая удивительная работа об А.Е. опубликована в Апатитах. Это статья из сборника, посвящённого социальной и культурной адаптации коренных жителей Кольского Севера. В ней показано, что многие представления об А.Е. относятся к области мифологии [14]. Так, я прочла в [2], что он руководил строительством Нивской ГЭС – и поверила на слово [17]. Впрочем, он и сам творил мифы популярными статьями о камне [14]. Статья кажется столь интересной, что хотелось бы видеть её в «Тиетте» – замечательном журнале, отражающем современную жизнь и историю Кольского научного центра РАН, много пишущем об акад. А.Е. Ферсмане.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Академик Александр Евгеньевич Ферсман. 1883-1945 // Химия и жизнь. 1967. № 10. С. 16-18.
2. Александр Евгеньевич Ферсман. 1883-1945. Жизнь и деятельность. М.: Наука, 1965. 478 с.
3. Байкова В.М. Химия после уроков. В помощь школе. Петрозаводск: Карелия, 1974. 175 с.
4. Бурый К.И. Переписка со школьниками как средство организации наглядности преподавания // В помощь учителю. Нальчик: Ин-т усовершенствования учителей КБ АССР, 1946. С. 114-120.
5. Волков В.А. Странная экспедиция в тундру: 11 женщин и 1 мужчина // Химия и жизнь. 1969. № 5. С. 9-11.
6. Глембецкая Т.В. А.Е.Ферсман – основоположник комплексного использования минерального сырья. М.: Наука, 1983. 150 с.
7. Дублянский В.Н., Дублянская Г.Н. А.Е. Ферсман и современная спелеология // Вестник Пермского ун-та. 1999. № 3. С. 238-245.
8. Дусматов В.Д. Вклад А.Е. Ферсмана в систематическую коллекцию Минералогического музея РАН // Новые данные о минералах. Вып. 38. 2003. С 135-141.
9. Записки Узбекистанского отд. ВМО. Вып. 28. Ташкент: Изд-во ФАН УзССР, 1975.
10. Кринов Е.Л. Памяти А.Е. Ферсмана // Метеоритика. М., Л.: Изд-во АН СССР, 1948. С. 3-5.
11. Крыжановский В.И. 90 коллекций // Александр Евгеньевич Ферсман. 1883-1945. Жизнь и деятельность. М.: Наука, 1965. С. 221-230.
12. Мирошниченко В.П. Аэросъёмка. М., Л.: Изд-во геол. лит. Мингео СССР, 1946. 210 с.
13. Павлишин В.И. А.Е. Ферсман и учение о типоморфизме минералов // Минер. журнал. 1983. № 5. С. 52-61.
14. Пация Е.Я., Разумова И.В. Genius loci (А.Е. Ферсман) – культурный герой // Проблемы социокультурной адаптации жителей Кольского п-ова. Апатиты: Изд-во КНЦ РАН, 2006. С. 60-69.

15. Перельман А.И. Пути развития геохимических исследований // Развитие минералогии и геохимии, их связь с учением о полезных ископаемых. М.: Изд-во АН СССР, 1983. С. 104-120.
16. Поваренных А.С. А.Е. Ферсман. К 100-летию со дня рождения // Минер. журнал. 1983. № 5. С. 3-14.
17. Проблемы минерального сырья // Редкие элементы. Сырьё и экономика. Вып. 11. М.: Наука, 1976. 96 с.
18. Раменская М.Е. Энтузиаст науки // Московский университет. 2008. № 33 (4264). С. 3.
19. Чухров Ф.В. Он был великим минералогом // Александр Евгеньевич Ферсман. 1883-1945. Жизнь и деятельность. М.: Наука, 1965. С. 43-51.
20. 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.: Изд-во АН СССР, 1983. С. 5-19.
21. Щербина В.В. О направлениях геохимических исследований, возникших в результате деятельности А.Е. Ферсмана Краткое содержание доклада на заседании, посвящённом 10-летию со дня смерти А.Е. Ферсмана // Вестник АН СССР. 1955. № 8. С. 106.
22. Юшкин Н.П. Топоминералогические исследования А.Е. Ферсмана и создание основ научной топоминералогии // Минер. журнал. 1983. № 5. С. 27-34.

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ АРХИВА ТРЕСТА «АПАТИТСТРОЙ» [1]

Родина А.Д.

МКУ «Муниципальный архив г. Апатиты», Апатиты, rodinaad@apatity-city.ru

В последние годы вырос общественный интерес к истории, документам прошлого, личности в историческом процессе. Всё чаще пишут и говорят об общественной и социальной значимости документов по личному составу. В наше время появилось больше возможностей узнать не только «официальную», но и подлинную историю своей малой родины. Для регионо- и краеведческих исследований базовое значение имеют документы государственных и муниципальных архивов. Они стремительно пополняются документами по личному составу ликвидированных предприятий, что привело к созданию специальной сети архивов и центров хранения. В 1996 г. для приёма большого массива документов по личному составу ликвидированного треста «Апатитстрой» создан архивный отдел администрации г. Апатиты.

В настоящее время в МКУ «Муниципальный архив г. Апатиты» находятся на хранении документы по личному составу треста «Апатитстрой» в составе 11 архивных фондов в количестве 6677 ед. хр. Это приказы по личному составу, личные карточки ф. Т-2, личные дела (только на управленческий персонал треста), ведомости и лицевые счета по начислению заработной платы работникам, трудовые договоры с ними. Большинство специалистов рассматривает эти документы как источник информации социально-правового характера, который можно использовать преимущественно для назначения и перерасчёта пенсий. Но значение документов по личному составу выходит за рамки представлений о них как документах сугубо социально-правового характера. Они могут использоваться в генеалогических, историко-биографических, социологических, статистических и иных исследованиях.

Историю региона нельзя рассматривать вне контекста истории предприятий и учреждений. Для анализа информационных возможностей документов архивного фонда треста «Апатитстрой» отобраны личные дела управленческого персонала, личные карточки уволенных работников, приказы по личному составу [1]. Их анализ даёт представление о том, как формировалось население строящегося г. Апатиты в конце 1950-х – начале 1960-х гг. В это время в тресте работало лишь 10 % местного населения (уроженцев Мурманской обл.), основную массу работников составляли завербованные предприятием на строительство комбината «Апатит». Часть из них приезжала на строительство по информации из центральных газет, часть – по приглашениям управления треста «Апатитстрой» или комсомольским путёвкам, которые сохранились в документах [2]. Интересен факт, что для привлечения работников в суровые условия Крайнего Севера применялись различные льготы: «При заключении трудового договора сроком на 3 года на основании Указа Президиума Верховного Совета СССР от 1 августа 1945 г. распространены следующие льготы:

[1] По материалам доклада на научно-практической конференции «Кировск и Апатиты. Малые города – большая история: работа с архивными, библиотечными, музейными документами по краеведению» в Государственном архиве Мурманской области в г. Кировске 24-25 октября 2011 г.

подъёмные в двойном размере месячного оклада или тарифной ставки, а также оплачивается провоз багажа, стоимость проезда на самого работника и членов семьи; трудовой стаж рассчитывается один год за два года» [2]. Позднее, вплоть до конца 1980-х гг., по Указу Президиума Верховного Совета СССР от 26 сентября 1967 г., использовалась возможность бронирования жилой площади в различных регионах страны для заключивших договор с предприятием на определённый срок (не менее 3 лет). В более поздние годы приток рабочей силы осуществлялся за счёт молодых людей, направляемых по окончанию ПТУ, причём прослеживается тенденция – молодые люди после службы в армии возвращались на свои предприятия.

Анализ документов позволяет также сделать выводы о национальном и партийном составе работников, их социальном происхождении. Национальный состав представлен очень широко: украинцы, белорусы, молдаване, евреи, карелы, немцы, русские и даже цыгане. Принадлежность к КПСС составляла 62 % среди управленческого персонала, 5 % среди рабочих предприятия. У 22 % работников управленческого персонала социальное происхождение значится как «служащие». В семьях работников треста, как правило, было не меньше 2 детей.

Портрет человека конкретной эпохи значительно дополняют документы по личному составу, в первую очередь приказы, карточки ф. Т-2, лицевые счета и личные дела. Последние наиболее информативны, но заводились не на всех сотрудников треста, а только на управленцев. Как правило, в личных делах стандартный набор документов: листки по учёту кадров, автобиографии, характеристики, заявления, докладные записки, копии приказов, различные справки. В них заключена информация, которая, несмотря на формализацию, носит следы личного восприятия, интерпретации событий, особенностей эпохи. Характеристики 1970-х гг. отражали такие обязательные моменты: участие в общественной жизни коллектива, членство в различных обществах (красного креста, ДОСААФ, охраны природы, охраны памятников истории и культуры, книголюбов), политическую грамотность, выполнение соцобязательств, наличие личных творческих планов, участие во внедрении новой техники, повышение производственного уровня. Для характеристик 1980-х гг. обязательно отражение идейно-политического уровня и участие в соцсоревновании. А вот в характеристике сотрудника управления треста от 27.09.1990 отмечается «самоотверженность, честность, чувство общественного долга»; добросовестное отношение к исполнению своих обязанностей, а также эффективность труда, использование потенциальных возможностей человека в системе новых экономических отношений [1]. В анкетах и автобиографиях 1950-х гг. необходимо было осветить: год и место рождения, в какой семье родился, чем занимались родители до революции и чем занимаются в настоящее время; когда и в каких учебных заведениях учился, какое образование и специальность получил; с какого времени начал работать самостоятельно, причины перехода с одной работы на другую; служил ли в Советской армии, участвовал ли в боях гражданской или Отечественной войны (где, когда, в качестве кого); партийность и партстаж; какую партийную или общественную работу выполнял (где, когда, в качестве кого); состав семьи и краткие сведения о близких родственниках (братья, сестры, муж, жена, отец и мать мужа и жены); кто из родственников лишался избирательных прав, подвергался репрессиям, был под судом и следствием (за что, когда и где); другие сведения, которые считали необходимыми осветить в биографии [1]. Личное дело – массовый по происхождению, но индивидуальный по содержанию источник. С одной стороны, оно имеет общие, типичные и сопоставимые элементы, с другой – содержит оригинальные, «незапланированные», порой уникальные сведения о кадровой политике, исторических событиях, выдающихся людях. События исторического масштаба, как правило, концентрируются в автобиографиях. В личных делах управленцев встречаются автобиографии участников Великой отечественной войны, добровольцев, репрессированных и орденоносцев [1].

Документы по личному составу, наряду с документами по основной деятельности надо использовать для изучения истории предприятия. И если из документов по основной деятельности можно получить определённые сведения экономико-статистического характера (о профиле производства, производственной мощности, рентабельности предприятия и др.), то приказы по личному составу наполнят историю предприятия живыми примерами из жизни работников, их творческой активности или нерадивости, поощрениях и наказаниях, трудовых традициях и уровне жизни. Так, в 1970-е гг. в тресте «Апатитстрой» существовала традиция включения в списочный состав бригад Героев Советского Союза (А. Бредов) и Великой Отечественной войны, а «заработанную» ими заработную плату перечислять в общественные фонды [3]. Она существовала до конца 1980-х. Информация по личному составу многоаспектна, насыщена и оригинальна. Но современное российское законодательство, защищая личную жизнь, ограничивает использование этого вида источников в научно-исследовательских целях. Тем не менее, важность таких документов бесспорна и очевидна для истории предприятия и города.

Цель настоящего сообщения – показать информационные возможности архивного фонда треста «Апатитстрой», находящегося на хранении в муниципальном архиве г. Апатиты. В связи с этим процентные соотношения, озвученные в сообщении, необходимо считать условными и приблизительными. Для боле глубокого статистического и социологического анализа необходимо обращение к значительно большему количеству документов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ф. Р-47. Оп. 1. Д. 154, 155, 155а.
2. Ф. Р-47. Оп. 5. Д. 55, 56, 57, 69.
3. Ф. Р-47. Оп. 12. Д. 13.

ПЕРВЫЕ СТРАНИЦЫ ИСТОРИИ пос. АПАТИТЫ ПО АРХИВНЫМ ДОКУМЕНТАМ [1]

Салимова С.М.

Государственный архив Мурманской области в г. Кировске, Кировск, gamo_zapros@rambler.ru

Эта статья посвящена истории пос. Апатиты 1930-50-х гг. В отличие от Кировска, который возведён в абсолютно неосвоенной тундре, Апатиты построены на базе имевшихся населённых пунктов. Первый из них – одноимённый поселок. Документы Кировского архива представляют базу для изучения истории населённых пунктов, организаций и предприятий на территории Кировского р-на. Прежде всего, это архивные документы Кировского райисполкома, Апатитского поселкового Совета, управления «Кировскстрой», отделов здравоохранения и образования Кировского горисполкома, производственного объединения «Апатит». При комплексном подходе к этим источникам можно объективно осветить историю населённых пунктов, в том числе – пос. Апатиты.

Когда закончилось строительство Мурманской железной дороги, там, где сейчас ст. Апатиты, был разъезд Белый[2] (рис. 1). В 1926 г. здесь насчитывалось менее десяти жителей. Дальнейшее развитие района связано с освоением уникальных месторождений апатит-нефелиновых руд, обнаруженных в Хибинах. Исключительное значение для организации промышленной разработки месторождений апатита имело развитие транспорта (рис. 2). Ранней весной 1929 г. из Ленинграда по Мурманской дороге пошли необычные грузы: железо, стекло, чугунные печи, трубы, фанера, толь... Адрес – разъезд Белый. По расписанию останавливать поезда там не полагалось. Они задерживались лишь на несколько минут. За это время надо было быстро разгрузить вагоны. Нередко можно было видеть, как с поезда, подъезжающего к разъезду, летели на ходу трубы, чугунные печи, фанерные листы, куски толя [1].

Рис. 1. Первый штаб руководства апатитовыми разработками. Вагон на разъезде Белом.

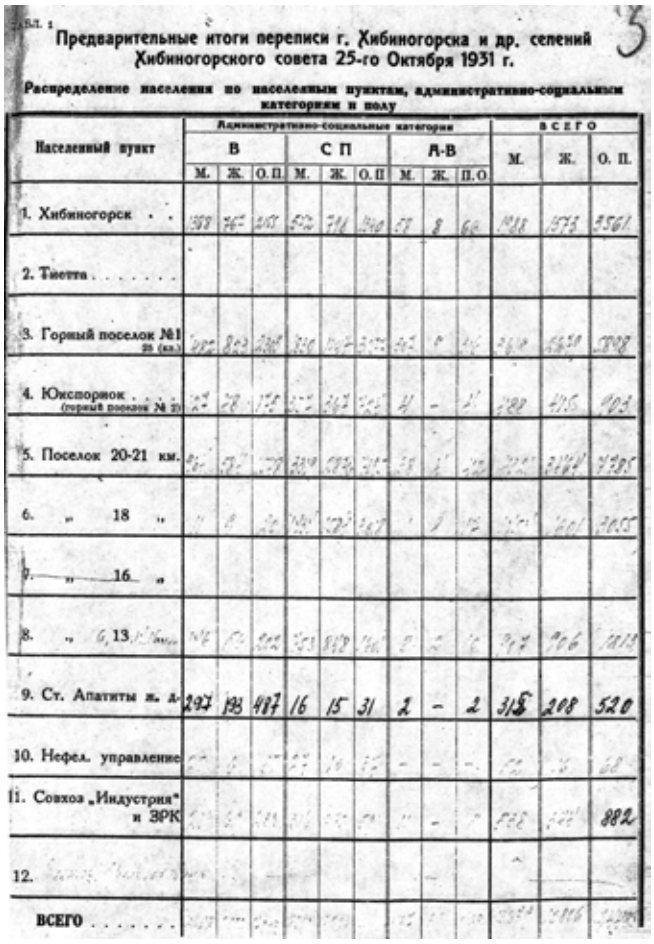
По мере развития апатитовой промышленности в Хибинах потребность в железной дороге возрастала, необходимо было на месте разъезда строить железнодорожную станцию. В 1930 г. она была построена. К сожалению, мы не располагаем распорядительным документом о присвоении ей названия. Это было прерогативой Мурманской железной дороги. Акад. А.Е. Ферсман вспоминал: «Когда была закончена железнодорожная ветка к руднику, управлению надо было дать названия отдельным её станциям. Узловая станция на магистрали была названа Апатиты» [2]. Таким образом, благо-

[1] По материалам доклада на научно-практической конференции «Кировск и Апатиты. Малые города – большая история: работа с архивными, библиотечными, музейными документами по краеведению» в Государственном архиве Мурманской области в г. Кировске 24-25 октября 2011 г.

[2] Указание не точно, см. схему на с. 56. – *Ред.*

Рис. 2. Временный склад горючего на ст. Апатиты.

даря управлению Мурманской железной дороги появилось название «Апатиты» сначала станции, затем перешедшее и в название города. У самой станции вырос посёлок.



Предварительные итоги переписи г. Хибиногорска и др. селений Хибиногорского совета 25-го Октября 1931 г.

Распределение населения по населенным пунктам, административно-социальным категориям и полу

Населенный пункт	Административно-социальные категории: В М.	В Ж.	В О.П.	С П М.	С П Ж.	С П О.П	А-В М.	А-В Ж.	А-В П.О	ВСЕГО М.	ВСЕГО Ж.	ВСЕГО О. П.
1. Хибиногорск	308	76	205	502	714	1216	57	8	60	1318	1573	3561
2. Тиетта												
3. Горный поселок №1 25 (кв.)												
4. Юкспорйок (горный поселок № 2)												
5. Поселок 20-21 км.												
6. „ 18 „												
7. „ 16 „												
8. „ 6, 13												
9. Ст. Апатиты ж. д.	297	193	487	16	15	31	2	–	2	315	208	520
10. Нефел. управление												
11. Совхоз „Индустрия" и ЗРК												882
12.												
ВСЕГО												

Рис. 3. Предварительные итоги переписи населения. 1931 г.

В нашем распоряжении есть ценный архивный источник – «Сборник таблиц по переписи населения г. Хибиногорска и прилегающих посёлков по состоянию на 25 октября 1931 г.» (рис. 3). Всё население показано в 8 основных таблицах. Особый интерес представляют итоги переписи населения по населённым пунктам и административно-социальным категориям. Так, на 25 октября 1931 г. на ст. Апатиты в 6 стандартных и 14 рубленых домах проживало 520 чел. Основную массу проживающих составляли вольнонаёмные, спецпереселенцев – 31 чел. [3]. Для развернувшегося в Хибинах строительства требовалось огромное количество рабочих. Строительство разворачивалось в совершенно необжитом районе, где своего населения не было. С марта 1930 г. сюда стали направляться тысячи спецпереселенцев.

Для снабжения возрастающего населения Хибиногорска продуктами питания требовалось создать местную сельскохозяйственную базу. Необходим был также корм для лошадей, которые на первых порах составляли основу транспорта на строительстве в Хибинах. Для решения этих задач в октябре 1930 г. вблизи ст. Апатиты организован совхоз «Индустрия». За несколько лет до этого, в 1923 г., в Хибины приехал по приглашению

Мурманской железной дороги агроном И.Г. Эйхфельд, возглавивший опытный пункт. Энтузиасты во главе с ним ставили опыты по выведению морозостойких сельскохозяйственных культур. Результаты доказали возможность развития земледелия в этих суровых условиях и потребовали немедленного внедрения в жизнь. 28 августа 1929 г. общее собрание рабочих и служащих Хибинского сельскохозяйственного опытного пункта постановило: «Просить организовать совхоз, на полях которого можно было бы проверять опыты и достижения Хибинской станции». 7 марта 1930 г. недалеко от оз. Имандра после долгих поисков И.Г. Эйхфельд затесал на берёзе место строительства будущего совхоза, который назвали «Индустрией».

«Редкие леса да болота простирались в то время на месте лугов и полей «Индустрии»… Прямо пропасть, – рассказывали первые строители совхоза. – Дорог, конечно, никаких. Едешь, бывало, что слепой. Идёт-идёт лошадь и стоп – завязла. Жили в лесу в чёрных брезентовых шалманах. В баню в Тик-Губу за три километра скачешь, бывало, с кочки на кочку. Пока домой доберёшься, второй раз выпаришься» [1]. В 1930 г. подняты первые три гектара, заложены первые парниковые рамы. История организации первого на Кольском п-ове сельскохозяйственного предприятия чрезвычайно интересна. Сосредоточимся на становлении посёлка, в котором проживали работники совхоза. Официального названия он не получил, в документах значится как поселок совхоза «Индустрия». По итогам переписи населения на 25 октября 1931 г., в нём проживало 882 чел., из них 591 (67 %) – спецпереселенцы [3]. Таблица «О занятиях населения (от 16 лет) до приезда на апатитовые разработки» подтверждает, что здесь оказалась самая деятельная, наиболее производительная, трудолюбивая часть российского крестьянства. Согласно этой таблице, по профессиональной подготовке более 91 % до переселения были земледельцами [3]. Логично, что их труд был использован в первые годы создания совхоза.

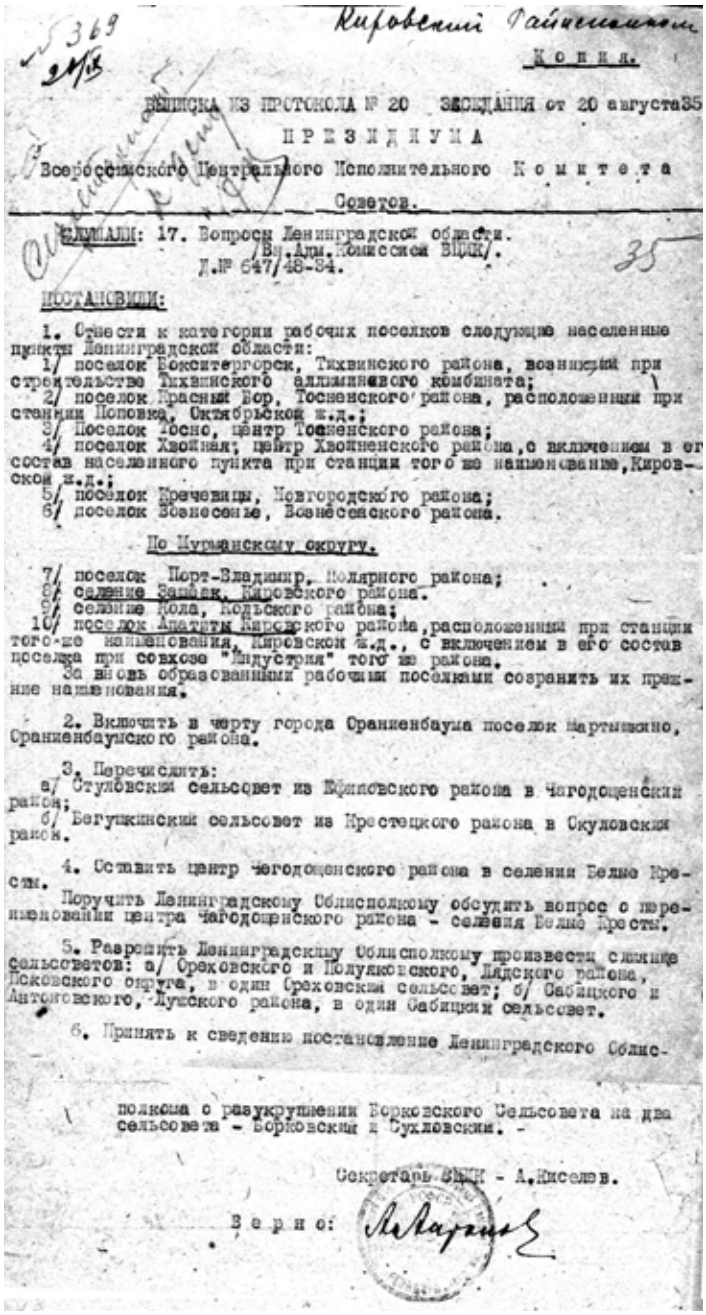
В первой половине 1930-х строительство было в разгаре (рис 4, 5). Возводили дома, прокладывали дороги, копали канавы сквозь болота и топи. Центральная усадьба совхоза имела клуб, большую столовую, магазин, пекарню, почту, электростанцию, радио, школу, амбулаторию, баню, прачечную и т.д. К 1936 г. населённый пункт включал в себя посёлок при железнодорожной станции Апатиты и посёлок, в котором жили рабочие и служащие совхоза «Индустрия». Встал вопрос о статусе населённого пункта. Он решался на протяжении 1934-1935 гг. Мурманский окружной исполком неоднократно обращался в Ленинградский облисполком с просьбой возбудить ходатайство об образовании рабочего посёлка на базе

Рис. 4. Дом стахановцев в совхозе. Раньше был радиоузел, поссовет и рабочком совхоза.

Рис. 5. Первый дом в совхозе, построен в 1931 г.

населённого пункта при железнодорожной станции. Тот, в свою очередь, обращался в административную комиссию ВЦИК. В нашем распоряжении имеется выписка из протокола заседания Президиума Мурманского окрисполкома от 22.09.1934 г. В нём указана численность населения 3000 чел. То есть, за 3 года население увеличилось более чем в 2 раза. 20 августа 1935 г. Президиумом ВЦИК принято решение: «Пос. Апатиты Кировского р-на, расположенный при станции того же наименования Кировской железной дороги, с включением в его состав посёлка при совхозе «Индустрия», отнести к категории рабочих поселков. За вновь образованным рабочим посёлком сохранить прежнее наименование» [4] . Вскоре был организован Апатитский поселковый Совет депутатов трудящихся.

Документы Апатитского поссовета за период 1936-1966 гг. находятся в архиве. Знакомство с ними позволяет понять, какие задачи стояли перед Советом (рис. 6, 7). Его первое заседание состоялось 3 февраля 1936 г. На нём рассматривались организационные вопросы, в частности, выборы первого председателя



Кировский Райисполком

Копия.

ВЫПИСКА ИЗ ПРОТОКОЛА № 20 ЗАСЕДАНИЯ от 20 августа 35

ПРЕЗИДИУМА

Всероссийского Центрального Исполнительного Комитета Советов.

СЛУШАЛИ: 17. Вопросы Ленинградской области.
/Вн.Адм.Комиссией ВЦИК/.
Д.№ 647/48-34.

ПОСТАНОВИЛИ:

1. Отнести к категории рабочих поселков следующие населенные пункты Ленинградской области:
1/ поселок Бокситергорск, Тихвинского района, возникший при строительстве Тихвинского аллюминиевого комбината;
2/ поселок Красный Бор, Тосненского района, расположенный при станции Поповка, Октябрьской ж.д.;
3/ Поселок Тосно, центр Тосненского района;
4/ поселок Хвойная, центр Хвойненского района, с включением в его состав населенного пункта при станции того же наименования, Кировской ж.д.;
5/ поселок Кречевицы, Новгородского района;
6/ поселок Вознесенье, Вознесенского района.

По Мурманскому округу.

7/ поселок Порт-Владимир, Полярного района;
8/ селение Запаек, Кировского района.
9/ селение Кола, Кольского района;
10/ поселок Апатиты Кировского района, расположенный при станции того-же наименования, Кировской ж.д., с включением в его состав поселка при совхозе "Индустрия" того же района.
За вновь образованными рабочими поселками сохранить их прежние наименования.

2. Включить в черту города Ораниенбаума поселок Мартышкино, Ораниенбаумского района.

3. Перечислить:
а/ Стуловский сельсовет из Ефимовского района в Чагодощенский район;
б/ Бегушкинский сельсовет из Крестецкого района в Окуловский район.

4. Оставить центр Чагодощенского района в селении Белые Кресты.
Поручить Ленинградскому Облисполкому обсудить вопрос о переименовании центра Чагодощенского района - селения Белые Кресты.

5. Разрешить Ленинградскому Облисполкому произвести слияние сельсоветов: а/ Ореховского и Полуяковского, Лядского района, Псковского округа, в один Ореховский сельсовет; б/ Сабицкого и Антоновского, Лужского района, в один Сабицкий сельсовет.

6. Принять к сведению постановление Ленинградского Облисполкома о разукрупнении Борковского Сельсовета на два сельсовета - Борковский и Сухловский. -

Секретарь ВЦИК - А.Киселев.

Верно:

Личная карточка

Выборы 193 г.

Личная карточка

Выборы 193 г.

Личная карточка

Выборы 193 г.

Рис. 6. Выписка из протокола № 20 заседания президиума ВЦИК от 20 августа 1935 г.

Рис. 7. Личные карточки членов и кандидатов Апатитского поссовета.

поселкового Совета. Им был избран Николай Семёнович Вяль, который недолго пробыл на этом посту. Уже 9 сентября 1936 г. в связи с отъездом Н.С. Вяля новым председателем избран Георгий Иванович Кобзев. Первым секретарём поселкового Совета была Мария Дмитриевна Моисеева [3]. В 1938 г. она заняла пост председателя. Человек по тем временам грамотный, имела среднее образование, в личной карточке в графе «Был ли в Красной Армии и кем» написано: «В штабе, переводчица». Проблемы жилья, медицинского обслуживания, работы школ, снабжения населения, благоустройства посёлка – вот вопросы, которые решал поселковый Совет. В состав Апатитского поссовета, кроме пос. Апатиты с железнодорожной станцией и посёлка совхоза «Индустрия» с фермами 1, 2 и 3, были включены населённые пункты при Рыбпромхозе и колхозе в пос. Тик-Губа, а также Имандровский Дом отдыха.

Главными предприятиями на территории поссовета были железнодорожная станция и совхоз «Индустрия», а также рыбное промысловое хозяйство и сельскохозяйственная артель «Заполярный труд» в пос. Тик-Губа. Пос. Апатиты постепенно отстраивался. Появлялись все необходимые учреждения: школы: средняя с интернатом в поселке совхоза (100 учащихся, 24 преподавателя) и начальная в поселке при же-

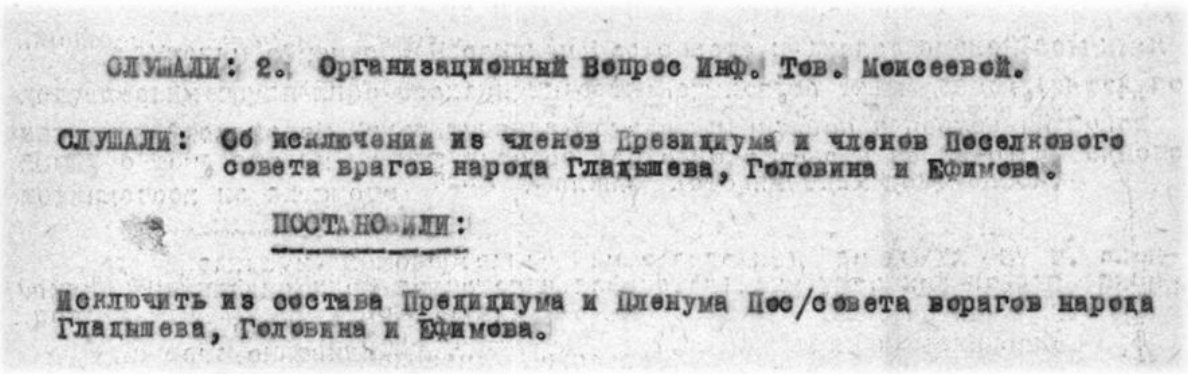
Рис. 8. Столовая совхоза. 1934 г.

Рис. 9. Центральная часть поселка. Массовые гуляния. 1937 г.

Рис. 10. Пионерский лагерь в совхозе, на пионерском поле. 1931-1932 гг.

лезнодорожной станции (120 учащихся) (рис. 8-10). 1 августа 1934 г. в посёлке при совхозе открыты детские ясли, которые посещали 45 детей. На станции действовали детский сад и отделение связи, в котором работали начальник, 2 кассира, 4 телефониста, 1 монтер, 1 работник по сберкассе и 4 письмоносца. В структуре отделения связи были почта, телеграф, телефон и сберкасса, а также магазины, входившие в ОРС железной дороги, Мурманскторг и ОРС треста «Апатит» [3]. Развивалась сеть медицинских учреждений. На территории поселкового Совета действовала врачебная амбулатория и три фельдшерских пункта.

Рассказывая об истории посёлка в 1930-е годы, нельзя не остановиться на общественно-политической обстановке: политические репрессии, усиление идеологического давления, массированные пропагандистские кампании, чистки партии. Жертвами репрессий становились простые люди, представители интеллигенции и политические руководители. Пос. Апатиты не был исключением. И здесь действовали «враги», которых надо было обнаруживать, изобличать, выводить на чистую воду, осуждать и уничтожать (рис. 11). 1937 г. в истории посёлка отмечен смещениями и арестами руководителей предприятий [3]. Эта тема ещё ждёт своего исследователя. В 1938 г. население Апатитского поселкового Совета составляло чуть больше 4000 чел.



СЛУШАЛИ: 2. Организационный Вопрос Инф. Тов. Моисеевой.

СЛУШАЛИ: Об исключении из членов Президиума и членов Поселкового совета врагов народа Гладышева, Головина и Ефимова.

ПОСТАНОВИЛИ:

Исключить из состава Президиума и Пленума Пос/совета врагов народа Гладышева, Головина и Ефимова.

Рис. 11. Выписка из протокола № 10 Пленума Поселкового совета Апатиты.

Великая Отечественная война изменила жизнь посёлка. Надо было решать новые вопросы. Указом Президиума Верховного Совета СССР Мурманская обл. была отнесена к прифронтовым, здесь вводилось военное положение. Провести мобилизационные мероприятия, эвакуацию населения, организовать работу предприятий в условиях военного времени – вот вопросы, которые пришлось решать Апатитскому по-

селковому Совету. В кратчайшие сроки надо было решать и продовольственную проблему. Близость к фронту, оторванность от Центра, суровые климатические условия – это требовало особого подхода к решению вопроса о продовольственном снабжении, которое имело исключительное значение. Нельзя было допустить, чтобы люди гибли от голода и болезней. Надеяться можно было только на собственные ресурсы. Роль совхоза «Индустрия», колхоза «Заполярный труд» и Рыбтреста в пос. Тик-Губа стала особенно заметной. Им пришлось решать задачу огромной важности – обеспечить население продовольствием. На заседаниях Апатитского поссовета постоянно рассматривались вопросы мобилизации всех сил на своевременную и без потерь уборку урожая, организацию звеньев и бригад по сбору трав для колхозов и подсобных хозяйств.

В дни войны необходимость использования местных водоёмов резко возросла, рыболовный промысел приобрёл исключительное значение. От руководителей Рыбтреста потребовалось больше инициативы, смекалки, а также умения приспособиться к новым условиям, пересмотреть свою работу, перестроить её в соответствии с условиями войны. Несмотря на сильные морозы, плохой ход рыбы и другие объективные причины, планы по добыче рыбы в годы войны выполнялись. Животноводство, сельское хозяйство и рыболовный промысел были большим подспорьем в общем продовольственном балансе Кировского района. Чёткая организация труда позволила резко увеличить сбор картофеля, капусты, лука, моркови, редиса и других овощей и корнеплодов. Каждый пуд мяса и птицы был важной помощью фронту. На сельскохозяйственные работы привлекалось всё трудоспособное население. Несмотря на большой недостаток механической и тягловой силы, рабочих рук, горючего и смазочного материала, неблагоприятные климатические условия план посадки и сбора урожая в военные годы перевыполнялся, заметно выросло коллективное и индивидуальное огородничество.

Большие изменения в жизни посёлка начинаются с 1950-х гг. В годы V пятилетки (1951-1955 гг.) были поставлены большие задачи по расширению производства на комбинате «Апатит». В Хибинах не затихал гул стройки. Расширялись и реконструировались рудники и фабрики, строились новые промышленные объекты, увеличивались мощности старых участков. Для решения этих задач необходимы были рабочие руки, их недостаток в послевоенные годы ощущался очень остро. Решением кадровой проблемы стало использование заключенных ГУЛАГа. На основании постановления Совета Министров СССР от 20.05.1950 № 2123-827 комбинат «Апатит» был передан в ведение МВД СССР в подчинение Главному управлению лагерей горно-металлургической промышленности (ГУЛМП). В 1951 г. появляется новая строительная организация – управление «Кировскстрой», призванное осуществлять промышленное, гражданское, жилищное строительство в г. Кировске и пос. Апатиты. Оно организовано на основании приказа Министра внутренних дел от 3 августа 1951 г. и располагалось на территории пос. Апатиты. Базой для создания управления стали хозяйственные подразделения комбината «Апатит» в районе пос. Апатиты: совхоз «Индустрия» и 2-й строительный район комбината «Апатит», насчитывавший при его передаче управлению «Кировскстрой» около 1600 чел. [10].

3 августа 1951 г. считается и днём начала работы Белореченского исправительно-трудового лагеря «Белречлаг» в районе ст. Апатиты. Спецконтингент составлял весомое место в составе рабочих кадров управления «Кировскстрой». Кроме того, население пос. Апатиты значительно увеличилось за счёт офи-

Рис. 12. Апатиты. 1-й район.

церского, вольнонаемного состава и членов семей из Белречлага и Кировскстроя. С этого времени разворачивается масштабное жилищное и гражданское строительство. В приказе начальника управления ИТЛ и Кировскстроя об улучшении жилищных условий работников имеются сведения о том, в каких районах шло жилищное строительство: заключённые 1 стройрайона строили в железнодорожном посёлке, по ул. Жемчужной, в квартале Пионерского поля, по ул. Трудовой и ул. Комсомольской [11]. Наряду с жилищным строительством разворачивалось строительство объектов социально-культурного и бытового назначения. Появлялись магазины, школы, клубы, больницы – всё необходимое для нормального функционирования населённого пункта [12] (рис. 13, 14). Исправительно-трудовой лагерь был закрыт в апреле 1953 г. К этому времени ликвидировано и управление «Кировскстрой», а на его базе в 1953 г. для строительства промышленных объектов и жилья в Хибинах организован трест «Апатитстрой» [13] (рис. 15). Он выполнял огромное по тем временам строительство в других районах, ставших впоследствии пос. Белореченским, пос. Молодежным и АНОФ-2. Согласно Всесоюзной переписи населения 1959 г., на территории Апатитского поссовета проживало 13958 чел., в том числе в пос. Апатиты 6454 чел. [14].

Рис. 13. Апатиты, ул. Комсомольская.

Рис. 14. Апатиты. Клуб. 1955 г.

Рис. 15. Здание треста Апатитстрой. 1955 г.

Несколько слов о названия г. Апатиты. Известна история о том, что в 1963 г. сотрудники журнала «Смена», вернувшись из командировки, объявили конкурс на лучшее название тогда ещё безымянного города. В архиве имеется дело «Предложения трудящихся о присвоении названия Новому городу». Вот в Хибины пошли письма из разных уголков страны. Один из вариантов названия я нашла в государственном архиве Мурманской обл. В апреле 1958 г. КФ АН СССР обратился в Мурманский обком КПСС с просьбой о возбуждении ходатайства перед Правительством СССР о присвоении Новому городу имени акад. А.Е. Ферсмана – именовании его городом Ферсман. Письмо подписано Председателем Президиума КФ АН А.В. Сидоренко, секретарём партбюро И.В. Бельковым и председателем месткома Паниным. В июле того же года за подписью секретаря Мурманского обкома партии Коновалова был подготовлен ответ, в котором предложение КФАН отклонено [1].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Меркульева К. Покорение тундры. М.: Госгеолтехиздат, 1939. С. 46, 122.
2. Ферсман А.Е. Наш апатит. М.: Госгеолтехиздат, 1968. С. 118.

Государственный архив Мурманской области в г. Кировске

3. Ф. Р-179. Оп. 1. Д. 87. Л. 3, 28, 34, 81.

4. Ф. Р-7. Оп. 1. Д. 68. Л. 35.
5. Ф. Р-183. Оп. 1. Д. 2. Л. 7.
6. Ф. Р-183. Оп. 1. Д. 2. Л. 11.
7. Ф. Р-183. Оп. 1. Д. 2. Л. 47.
8. Ф. Р-183. Оп. 1. Д. 4. Л. 4-6. Л. 8-9, 17, 20, 21, 23.
9. Ф. Р-183. Оп. 1. Д. 5. Л. 28.
10. Ф. Р-201. Оп. 1. Д. 30. Л. 61, 64.
11. Ф. Р-201. Оп. 1. Д. 3. Л. 50-52.
12. Ф. Р-201. Оп. 1. Д. 3. Л. 77-78.
13. Ф. Р-42. Оп. 1. Д. 3. Л. 10а.
14. Ф. Р-187. Оп. 1. Д. 321. Л. 2-4.

Государственный архив Мурманской обл.

15. Ф. П-1. Оп. 6. Д. 317. Л. 35-37.

УЧЁНЫЕ КОЛЬСКОГО ФИЛИАЛА АН СССР В ЖИЗНИ КИРОВСКА [1]

Саморукова А.Г.
Центр гуманитарных проблем КНЦ РАН, Апатиты, samorukova@isc.kolasc.net.ru

В 1944 г. учёные Кольской научно-исследовательской базы им. С.М. Кирова АН СССР вернулись из эвакуации в Кировск, где в пос. Кукисвумчорр комбинатом «Апатит» им были предоставлены служебные и жилые помещения. Возвращаясь в Хибины, учёные включались в жизнь города, принимали участие в решении стоящих перед народным хозяйством задач. Главное место в тематике научных исследований стали занимать проблемы послевоенного развития народного хозяйства в Хибинах. Заметно усилились теоретические изыскания, учёные возвращались к проблемам большой науки.

Исследования протекали в тесном контакте с работниками комбината «Апатит». Неоднократно проходили объединённые заседания Учёного совета Кольской базы и Технического совета комбината «Апатит», на которых, например, в 1947 г. обсуждались результаты опытных работ по получению плавленых магниевых фосфатов, проделанных комбинатом по схеме, предложенной лабораторией геохимии Кольской базы [1]. На объединённых заседаниях обсуждались совместные отчёты о работе комбината «Апатит» и академического учреждения. Проводились объединённые совещания и конференции по геологии Хибинского щелочного массива, где намечались пути дальнейшего изучения минерально-сырьевой базы Хибин.

Помимо этого представители научного учреждения и города постоянно встречались на мероприятиях, посвящённых памятным датам или каким-либо значительным событиям. Так, традиционными стали заседания Учёного совета Кольской базы, а затем Кольского филиала вместе с общественностью г. Кировска, посвящённые памяти акад. А.Е. Ферсмана. Юбилейная научная сессия ноября 1955 г., посвящённая 25-летию Филиала и 35-летию исследований АН СССР на Кольском п-ове, проходила с привлечением общественности города [2].

Вместе с тем, учёные не могли не включиться в интеллектуальную и культурную жизнь города. Работа строилась на заинтересованности научных сотрудников, их творческом потенциале. Популярный в то время лозунг «наука принадлежит народу» не подразумевал только практическое применение научных достижений в народном хозяйстве. В понятие долга советского учёного перед народом всегда входила необходимость регулярных публичных выступлений в массовых аудиториях. Огромное общественное значение таких выступлений обусловлено многими факторами. Прогресс в любой области неразрывно связан с ростом культурно-технического уровня народа, развитием его социального самосознания, распространением в широких слоях населения передового мировоззрения. С этим не могла справиться только школьная система просвещения, в обществе оставалась потребность в получении научных знаний. Публичные вы-

[1] По материалам доклада на научно-практической конференции «Кировск и Апатиты. Малые города – большая история: работа с архивными, библиотечными, музейными документами по краеведению» в Государственном архиве Мурманской области в г. Кировске 24-25 октября 2011 г.

ступления учёных лучше всего отвечали такой потребности, а непосредственное общение с представителями, возможность задавать вопросы нельзя заменить никакой другой формой получения знаний.

Такие выступления учёных стали своеобразной формой отчёта науки перед народом, ведь на научные изыскания шла заметная часть государственного бюджета. Естественным было желание широких масс узнать, каков общественный смысл предоставления учёным самых льготных условий для исследований, на какие конкретные цели идут научные ассигнования, какую они дают отдачу, как понимают учёные свою ответственность перед обществом, что обещает принести людям наука в обозримом будущем. Ответить со знанием дела на эти вопросы никто лучше учёного не мог. Для советского периода была велика роль живого общения с аудиторией. Получили широкое развитие общественные формы участия интеллигенции в распространении политических и научных знаний.

Обсуждались самые актуальные вопросы, связанные с научно-техническим прогрессом и развитием региона. Пропаганда научных знаний всегда была приоритетной и связана с Обществом «Знание», которое в мае 1947 г. приняло решение о создании отделений в союзных республиках, крупнейших краевых и областных центрах России [3]. В Мурманской области первым шагом в этом направлении было создание Мурманского отделения Общества. Поддержку и одобрение идее высказал коллектив научных сотрудников Кольской научно-исследовательской базы АН СССР, что соотносилось с лекционной деятельностью, которой учёные Базы занимались и до образования Общества. С января 1950 г. отделение Общества существовало и в Кировске при райкоме ВКП (б), где пропагандистами были учителя, инженеры, врачи, журналисты. При этом лицо Общества в городе представляли учёные КФАН СССР, которые были его научной и методической опорой. В апреле 1950 г. в Филиале организована первичная организация общества, которая тесно сотрудничала с районным обществом по распространению научных и политических знаний [4].

Крупные политические, социальные и экономические перемены в обществе в 1950-60 гг. влияли на жизнь общества, в том числе на образование и просвещение. Именно в этой обстановке закрепились формы работы, которые получили развитие в деятельности общества «Знание» в Кольском филиале, которое организовало работу по всем отраслям знания. Обсуждались самые актуальные вопросы, связанные с научно-техническим прогрессом и развитием региона. Так, в конце 1950-х гг. значительное место в пропаганде занимали вопросы развития химической промышленности. Это было напрямую связано с майским Пленумом ЦК КПСС, обязавшим партийные, советские, профсоюзные и хозяйственные организации широко развернуть среди трудящихся страны научно-политическую пропаганду химических знаний. Но ограничить её только проведением бесед и лекций было нельзя. Учёные широко использовали все формы научно-технической популяризации. Стараясь разнообразить формы распространения химических знаний, сделать их популярными, увлекательными, проводили на предприятиях города и поселков пригородной зоны вечера занимательной химии в школах, общежитиях, клубах. На них демонстрировались химические опыты в эффектной, занимательной форме, проводились химические викторины. Другой привлекательной формой популяризации научных знаний, в частности, химических, были вечера науки и техники. Их устраивали для самой разнообразной аудитории в горняцком пос. Кукисвумчорр и Апатитах. Программа этих вечеров содержала сообщения о крупных современных научных достижениях в области науки. Интересной формой популяризации научных знаний были экскурсии молодёжи, особенно учащихся, в лаборатории предприятий и научных учреждений. Они сопровождались беседами по темам исследований и демонстрацией научной аппаратуры в действии.

В те же годы недостаточная географическая изученность Кольского п-ова побудила Кольскую базу АН СССР взять на себя инициативу по организации живой научной связи между работниками учреждений, изучающих природные богатства Мурманской области, и местными краеведами. С этой целью Кольская база возбудила ходатайство перед Географическим обществом СССР об организации его Мурманского отделения. Ходатайство было удовлетворено и в августе 1947 г. отдел Всесоюзного географического общества начал работу, образовав ядро из научных сотрудников Кольской базы с широким привлечением жителей Кировска. Председателем Мурманского отдела Географического общества был избран зам. директора Кольской базы доц. Ф.М. Терновский, учёным секретарем – к.г.н. И.К. Тихомиров, состоявший членом общества с 1916 г. В конце августа того же года Мурманский отдел Географического общества организовал в Кировске конференцию мурманских краеведов [5].

Традиционно большую работу проводил Полярно-альпийский ботанический сад. Неоценимой была помощь сотрудников Ботанического сада учителям биологии города. Учёные принимали активное участие в совещаниях учителей на секции биологов, где выступали с лекциями на темы естествознания, а также подготовили цикл лекций для учителей Мурманской области по наглядным методам преподавания

ботаники в школах и методики проведения школьных и внешкольных занятий. В Полярно-альпийский ботанический сад поступало много писем от любителей-цветоводов и организаций города с вопросами по озеленению территорий и выращиванию комнатных растений. В помощь всем интересующимся вопросами озеленения Ботанический сад устраивал консультации по озеленению и комнатному цветоводству, совместно с Кировским горисполкомом организовывал выставки комнатных цветов, где можно было поделиться опытом их разведения и ухода за ними. Большой популярностью пользовались тематические вечера, организованные комбинатом «Апатит» в клубе обогатительной фабрики, в которых принимали участие и сотрудники Филиала. Интерес вызывал цикл лекций на тему: «У карты мира». Сотрудники Кольского филиала и комбината «Апатит» делились своими впечатлениями о поездках в Чехословакию, Мексику, Индию, вокруг Европы [6].

Сотрудников Филиала и горожан объединяла и шефская помощь, которая прежде всего выражалась в общих городских мероприятиях. Так, в июле 1948 г. в городе и районе был устроен воскресник по подготовке школ к новому учебному году. Организованно воскресник прошёл в Кукисвумчоррской семилетней школе, где активное участие приняли горняки апатитового рудника и сотрудники Кольской базы. Популярны были и так называемые «походы за чистоту», инициатором которых стал комитет первичной организации общества Красного креста КФАН. С административно-хозяйственной частью и месткомом апатитового рудника был составлен план по проведению «Месячника чистоты», согласно которому производилась очистка территории от мусора у рабочих помещений и жилых домов [7].

Плодотворными были дружеские отношения между комсомольцами Филиала и комсомольской организацией рудника им. С.М. Кирова. Комсомольская организация Филиала взяла шефство над молодёжным общежитием комбината «Апатит», расположенным в пос. Кукисвумчорр. На деле это была не столько шефская помощь, сколько коллективная работа с комсомольской и профсоюзной организацией рудника. Совместная работа началась с того, что комсомольская организация рудника и комсомольцы Филиала подготовили и провели общее собрание, на котором был избран бытовой совет. Он энергично взялся за дело, начав борьбу с нарушителями порядка, и активно проводил воспитательную работу среди рабочих, проживающих в общежитии. Вместе с членами бытового совета комсомольцы провели конкурс на лучшую комнату. Для него профсоюзная организация Филиала выделила два ценных подарка. Агитколлектив комсомольцев Филиала проводил в общежитии беседы на политические и экономические темы и оказывал помощь общественным организациям рудника в проведении лекций и собраний. Большую работу комсомольцы Филиала проделали совместно с воспитателями общежития по вовлечению молодых рабочих в школу рабочей молодёжи и на вечернее отделение горно-химического техникума. Сотрудники Филиала собрали для библиотеки рабочего общежития около 500 книг, а в красном уголке силами комсомольцев и работников научной библиотеки регулярно проводились выставки новых журналов, получаемых Филиалом [8].

Объединили свои усилия сотрудники Филиала и организации города по работе со школьниками. Так, члены кружка «Юные путешественники» Дома пионеров в летние каникулы знакомились с работой геологов Филиала в полевых условиях на Коашве, где участвовали в геологической работе по обработке образцов, которая была им под силу. С проводниками-геологами юные путешественники совершали в каникулы и другие многодневные походы. Итак, наличие научного учреждения в небольшом городе придавало неповторимый дух интеллигентности и творчества. Совместно с интеллигенцией города учёные Кольского филиала АН СССР формировали его культурную жизнь.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. НА КНЦ РАН. Ф. 1. Оп. 6. Д. 152. Л. 10-11.
2. Кировский рабочий. 25 ноября 1955 г.
3. Полярная правда. 11 мая 1947 г.
4. НА КНЦ РАН. Ф. 1. Оп. 6. Д. 175. Л. 16.
5. Полярная правда. 3 августа 1947 г.
6. Кировский рабочий. 27 января 1957 г.
7. Кировский рабочий. 20 мая 1959 г.
8. Кировский рабочий. 16 ноября 1956 г.

ЭЛЕКТРОННЫЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ РЕСУРСЫ ПО КРАЕВЕДЕНИЮ КАК ФАКТОР ИНТЕГРАЦИИ УЧЕБНОЙ, МЕТОДИЧЕСКОЙ И ВОСПИТАТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ [1]

Сбусина Л.А.

МОУ СОШ № 5, Кировск, lsbusina@mail.ru

Краеведение – источник воспитания, расширения кругозора ребёнка. Родной край, его люди, окружающая природа – всё это, пройдя через сознание, становится частью судьбы, истории Родины. Очень ёмко сказал об этом мурманский поэт Владимир Смирнов: «Для меня этот маленький северный мир – как трамплин на дороге к огромной России». Школа должна дать учащимся разносторонние знания, в том числе краеведческие, чтобы: способствовать приобщению молодого человека к трудовой и общественной деятельности, его самоопределению как личности, пониманию им своего места в обществе, накоплению знаний о своих исторических корнях; воспитать патриота Мурманского края, способного к труду и творчеству с ответственностью за судьбу Кольского Заполярья, в том числе Кировска; воспитать нравственную личность, которой предстоит жить в сложных условиях.

В школьном краеведении есть слабые места: программы отстают от жизни, проблемные вопросы истории не освещаются в научной литературе; при изучении истории города учитель не всегда имеет возможность использовать новую научную литературу, исследовательская работа с первоисточниками редка; мало наглядных пособий о местном материале. В своё время Мурманский областной институт повышения квалификации работников образования и культуры выпустил диск по использованию НРК в школьном преподавании, но материал не обновляется. Часто возникают вопросы: как найти текстовый и иллюстративный материал по современной истории края, какие формы и методы целесообразно применять в краеведческой работе, как сделать уроки интересными для учащихся, необходимо ли изменение методов работы или требуется применение новых форм, технологий при проведении уроков с использованием краеведческого материала? Выход видится в обновлении краеведческого курса, поиске новых технологий, при этом необходимо использовать и традиционные формы работы.

В этом учебном году педагогический коллектив МОУ «СОШ № 5» разрабатывает тему «Создание ЭОР по краеведению как один из факторов интеграции учебной, методической и воспитательной работы». Японский социолог Ё. Масуда в книге «Информационное общество как постиндустриальное общество» пишет: «Производство информационного продукта, а не продукта материального, будет движущей силой образования и развития общества». Наша жизнь протекает в условиях формирующегося информационного пространства. XXI век требует преподавания различных предметов с использованием компьютерных технологий. Информатизация образования способствует внедрению новых методик обучения, даёт возможность решать такие проблемы, как индивидуализация обучения, организация системы контроля знаний, учёт психофизических возможностей ребёнка. Информационные технологии позволяют повысить интерес к предмету, ускорить получение и использование информации, развивать познавательные способности. По нашему мнению, ЭОР по краеведению имеют следующие преимущества:

- обеспечение непрерывного краеведческого образования;
- создание эффективных условий для учебной, методической и воспитательной деятельности;
- совершенствование методической базы за счёт информационных образовательных ресурсов;
- оптимальное сочетание учебной, проектной, воспитательной и исследовательской работы;
- повышение качества образования и информационно-образовательных услуг.

Для реализации эксперимента школа № 5 обладает необходимыми условиями:

- учителями накоплен большой материал по краеведению, который используется не только на уроках, но и при подготовке учащихся к конференциям, городским, областным конкурсам и викторинам, в исследовательской деятельности;
- широко используются электронные образовательные ресурсы на сайтах педагогических сообществ;
- есть компьютерные кабинеты;
- опытные преподаватели информатики возглавляют рабочие группы и оказывают помощь учителям и учащимся;

---

[1] По материалам доклада на научно-практической конференции «Кировск и Апатиты. Малые города – большая история: работа с архивными, библиотечными, музейными документами по краеведению» в Государственном архиве Мурманской области в г. Кировске 24-25 октября 2011 г.

- большинство педагогических работников и учащихся школы на уровне уверенного пользователя работают с компьютером, учителя применяют информационные технологии, имеют возможность работать с компьютером дома, в школьном кабинете и компьютерных классах;
- педагоги заинтересованы в профессиональном росте.

Краеведение тесно связано со смежными отраслями познания: библиографическим краеведением, туристско-краеведческим, природоохранным, а также с музейным и архивным делом. Работа по данной теме объединит учителей, родителей, учащихся и энтузиастов изучения истории, демографии, экономики, географии, биологии, экологии родного края. Наш эксперимент рассчитан на 4 года. Подготовительный этап включает:

- изучение базы Центра образовательных ресурсов и опыта работы, накопленного в образовательных учреждениях среднего и высшего образования,
- создание творческих групп и планирование их деятельности,
- расширение связей с просветительскими и общественными организациями города,
- организацию тренингов в системе «учитель-ученик»,
- создание ЭОР по учебной, воспитательной и методической работе.

Подвести промежуточные итоги мы планируем весной 2012 г. на обучающем семинаре для учителей города. На втором этапе мы планируем:

- обобщение и систематизацию наработанных материалов,
- оформление лучших разработок в мультимедийные презентации, тестовые программы, сценарии уроков и внеклассных мероприятий.

На третьем этапе мы планируем:

- использование материалов по истории города в практике работы учителей и классных руководителей,
- создание сборника ЭОР и размещение его в сети Интернет,
- анализ результатов ЭОР в учебной, воспитательной и методической работе.

Для организации работы в школе создан координационный совет, в который вошли опытные педагоги, определены цели, задачи и этапы, тематика краеведческих ресурсов, созданы рабочие группы. Творческие группы, используя уже имеющиеся ресурсы по краеведению, возможности просветительских организаций и родителей, собирают материал по выбранной теме. Члены координационного совета руководят группами, в которые вошли педагоги и учащиеся. Творческие группы будут работать в контакте с городскими библиотеками, краеведческим и горно-геологическим музеями, советом ветеранов, обществом «Мемориал», городским архивом, СМИ и др. Рабочие группы, разрабатывая краеведческую тему, используют следующие формы деятельности: поисковую, исследовательскую, проектную, творческие мастерские, элективные курсы, факультативы, экскурсии, кружки. Результатом работы будет ЭОР по краеведению: учебные презентации, летописи важных событий, виртуальные экскурсии, учебно-методические разработки уроков, галереи портретов, комплект задач, тестов и диаграмм, игры и викторины, рабочие тетради, методические рекомендации.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Борисюк В.И. Основные идеи и идеологии постиндустриального общества: особенности эволюции в информационном мире // Преподавание истории в школе. 2004. № 4. С. 10-18.
2. Ефимова Л.М. Использование компьютерных технологий в преподавании краеведения // Применение информационных технологий на уроках истории и обществоведческих дисциплин. Н. Новгород, 2004.
3. Калинкина Е.Г. Использование компьютерных технологий в преподавании истории и обществоведческих дисциплин: достижения, проблемы, перспективы // Применение информационных технологий на уроках истории и обществоведческих дисциплин. Н. Новгород, 2004.
4. Кастасов И.В. Интернет-краеведение: проект партнёрского развития Web-сайта «История Нижегородского края».
5. Розов Н.Х. Некоторые проблемы методики использования информационных технологий и компьютерных продуктов в учебном процессе средней колы // Информатика. 2005. № 6. С. 26.
6. Самылкина Н.Н. Методика преподавания темы «Технология обработки текстовой информации» // Информатика. 2005. № 6. С. 18.
7. Терешенков Д.А., Яшанина Н.А. Чему учить? Как учить? // Информационные технологии в образовании. 2003. № 3. С. 35.

ВОСПИТАНИЕ ЛЮБВИ К МАЛОЙ РОДИНЕ СРЕДСТВАМИ ДОПОЛНИТЕЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ [1]

Стрелина В.В.

МБОУ ДОД ЦДТ «Хибины», Кировск, Vika-Kirovsk@rambler.ru

«Без любви к малой родине, её памятникам и природе
невозможно почитание и Родины большой»
С.О. Шмидт

Важной задачей воспитания подрастающего поколения всегда было воспитание патриотизма и гражданственности. Именно в этом – основа жизнеспособности любого общества и государства, преемственности поколений. Что мы вкладываем в понятие «малая родина»? Это социальная и природная сферы города, района, области, отдельные страницы истории и культуры – источники патриотического воспитания для школьников. Демократизация общества, гуманизация системы образования в РФ позволили рассматривать дополнительное образование детей как сферу, объективно объединяющую в единый процесс воспитание, обучение и развитие. Образовательный процесс в системе дополнительного образования детей строится в парадигме развивающего образования, обеспечивая информационную, обучающую, воспитывающую, развивающую и социализирующую функции. Дополнительное образование, в основе которого лежит личностно-деятельностный подход к ребёнку, создаёт наиболее благоприятные условия для актуализации и социализации личности.

Занятия в учреждениях дополнительного образования, в отличие от школьных уроков, представляют учащимся поле деятельности, которое даёт им возможность реализовать полученные знания в играх, конкурсах, самостоятельных краеведческих исследованиях и экскурсиях, проявить свою любовь к городу в экологических акциях, просветительской, экскурсоводческой, экспедиционной работе. Краеведческую работу в ЦДТ «Хибины» можно разделить на ряд направлений:

- естественно-научное (экологическое, биологическое) краеведение;
- этнокультурное (фольклорное, художественное) краеведение;
- туристско-краеведческая деятельность;
- спортивный туризм в сочетании с разносторонним изучением района;
- оздоровительный туризм (некатегорийные походы с краеведческим изучением района);
- экскурсионное краеведение.

На туристско-краеведческой деятельности остановимся подробнее. Многообразие форм воспитательной работы в нашем центре позволяет говорить о значительном потенциале этого направления дополнительного образования, ведь она позволяет ребёнку изучить свою страну, начиная с малой родины, познать духовно-нравственные традиции народа. Процесс познания Родины реализуется в предметно-наглядной, активной форме, когда ребёнок непосредственно видит, слышит, осязает окружающий мир, воспринимает его в ярких, эмоционально насыщенных, запоминающихся образах. Так воспитываются любовь к Родине, её природе, истории, культуре, людям. Будучи по природе коллективной, туристско-краеведческая работа обучает ребёнка общению со сверстниками, взрослыми, окружающим миром.

В ЦТД «Хибины» действуют объединения туристско-краеведческой направленности: «Спортивно-краеведческий туризм», «Юный турист», «Азы экологического туризма», «Турист-спасатель», «Повышение туристского мастерства», «Туризм-география-ОБЖ», «Менеджер в туризме», «Фото-туризм», «Туризм и краеведение». Основные направления работы этих объединений – природоохранная, исследовательская деятельность. Говоря о деятельности этих учебных объединений и педагогов дополнительного образования, необходимо отметить их участие в организации и проведении традиционных мероприятий, в которых активно участвуют не только воспитанники ЦДТ, но и обучающиеся ОУ города. Это:

- ежегодный городской туристский слет-соревнование «Кто на новенького?» в рамках Дня туризма с обязательной акцией «Уборка Хибинских тундр»;
- учебно-тренировочные сборы «Юных спасателей, туристов-краеведов, экологов» с программой

[1] По материалам доклада на научно-практической конференции «Кировск и Апатиты. Малые города – большая история: работа с архивными, библиотечными, музейными документами по краеведению» в Государственном архиве Мурманской области в г. Кировске 24-25 октября 2011 г.

межсезонных занятий – экскурсий к памятникам культуры, памятникам освоения Хибинских тундр;

- походы выходного дня с историко-краеведческой тематикой;
- ежегодный экологический конкурс «Нам здесь жить» в рамках международного проекта «Покажи детям мир» с акциями по очистке территорий, прилегающих к городу;
- экскурсии к объектам природного наследия, экосистемам;
- работа школы демонстраторов безопасного поведения путешественника в Хибинах – лавиноопасной местности Кольского п-ова;
- городская историческая викторина «Родной мой город»;
- соревнования эколого-этнографического направления «Лапландские легенды Хибин»;
- городские конкурсные игры «Тропа к биваку», «Турограда», «Путешественник»;
- экологический слёт-лагерь «Эскимосские игры в Хибинах»;
- туристский слет «Хибиниада»;
- круглые столы «Тропа памяти защитников Отечества»;
- конкурс сценариев массовых краеведческих мероприятий «Я люблю моё Заполярье»;
- конкурс экскурсионных маршрутов «Край, который я люблю»;
- проект «Экотур»;
- спортивно-туристские соревнования «Хибиногорец»;
- оздоровительные тропы и прогулки «Природное наследие Хибины» в рамках летних лагерей сменного режима и летних выходных дней;
- оздоровительный туризм, походы выходного дня для детей, не выезжающих летом за пределы Кировска;
- подготовка экоэкспертов природопользования во время путешествий;
- заочные экскурсии «Особенности Кольского п-ова».

Методы туристско-краеведческой деятельности в творческом развитии воспитанников используются большинством педагогов центра и образовательных учреждений города. Это совместные экскурсии учащихся объединений прикладного творчества и спортивно-краеведческого туризма, их участие в городском и региональном этапах соревнований «Школа безопасности». Туристы-краеведы вместе с театром-студией «Вдохновение» участвуют в постановках спектаклей на экологическую тему, экологических акциях по очистке лесной зоны от неразлагающегося мусора.

Краеведение – эффективный способ решения учебно-воспитательных задач и возможность приобщить к исследовательской работе каждого ребёнка. Особое место в воспитательном процессе занимает участие обучающихся в научно-практических конференциях, фестивалях, соревнованиях, конкурсах. Воспитанники учебных объединений являются неоднократными победителями и призёрами ежегодного регионального этапа Всероссийского и Международного форумов детского экологического движения «Зелёная планета». На традиционной учебной конференции «Хибинские чтения» они представляют свои исследования в области экологии и краеведения на темы: «Защита окружающей среды», «Устранение последствий жизнедеятельности человека», «Биоразнообразие флоры и фауны в нашем регионе», «Имена исследователей на карте Хибин», «Экология – наша идеология».

В Союзе детских молодёжных общественных объединений Мурманской области, созданном на базе ЦДТ, работает автономное некоммерческое объединение ТЭККИОС (туристско-экологический клуб краеведов – исследователей окружающей среды). В его основе – повышение туристского мастерства, что тесно переплетается с пополнением знаний по краеведению и экологии. С этой целью разработан проект «Мы в Хибинских тундрах», основными задачами которого являются:

- составление паспортов экологических троп и памятников природы в Хибинах;
- очистка региона от загрязнений;
- составление туристско-технических характеристик маршрутов по Хибинам;
- изучение проблем взаимодействия человека и окружающей среды.

Приобщение молодёжи к изучению истории освоения Хибин – одна из составляющих краеведческой экспедиции «Тропою Ферсмана». Проект разработан Центром скаутов г. Кировска и историко-краеведческим музеем. Скауты пополнили экспозицию музея частями от немецкого самолёта, сбитого в Хибинах во время II мировой войны, прошли по маршруту первых экспедиций акад. А.Е. Ферсмана,

выполнив ряд заданий для музея. Члены учебного объединения «Спортивно-краеведческий туризм» ежегодно проходят туристские маршруты в честь первых исследователей Хибин В. Рамзая, А. Петрелиуса, Б. Чильмана, В. Гакмана.

Большое значение в системе мер по охране природы и её рациональному использованию принадлежит пропаганде знаний. Активной формой природоохранного просвещения является природная или экологическая тропа – специально выбранный маршрут для ознакомления с природными особенностями участка. Эти маршруты педагоги ЦДТ используют для познавательных экскурсий, экологического образования и воспитания, учебно-исследовательского изучения родного края. Опыт педагогического коллектива по экологическому образованию и воспитанию представлен в 2010 г. на Всероссийской научно-практической конференции «Проблемы сохранения биоразнообразия в северных регионах», а также региональной конференции «Экологическое образование. Лучшие практики Мурманской области» в г. Апатиты. В 2009 г. ЦДТ «Хибины» стал победителем в Региональном конкурсе на лучшую организацию туристско-краеведческой работы в образовательных учреждениях Мурманской области в номинации «Учреждение дополнительного образования детей – лучший организатор туристско-краеведческой работы с обучающимися», в 2011 г. – призёром в номинации «Лучший организатор туристских походов с обучающимися».

Педагоги дополнительного образования ЦДТ «Хибины», интуитивно определяя точки соприкосновения системы дополнительного образования с социальными учреждениями города, пути и формы их интеграции, вырабатывают гибкую методику оптимального включения ребёнка в сложные социальные отношения. При создании единого воспитательного пространства создаются условия не только для оптимизации процесса социализации личности, но и для формирования гражданской позиции на основе реализации духовного потенциала каждого ребёнка. Заслуживает внимание опыт работы педагогов-организаторов Центра (клуб «Мудрая сова») по интеллектуальному развитию обучающихся с использованием воспитательных возможностей туризма. Это развлекательно-познавательная шоу-игра «Сто к одному! По-кировски!», городская Премьер-лига игры «Что? Где? Когда?» среди 5-9 классов школ города по теме «История края», викторина «Мой город», посвящённая Кировску для 10-11 классов, конкурс эрудитов «Отечество моё – Кольская земля», посвящённая истории II мировой войны в Заполярье.

Акад. Д.С. Лихачев говорил: «Если человек не любит хотя бы изредка смотреть на старые фотографии своих родителей, не ценит память о них, оставленную в саду, который они возделывали, вещах, которые им принадлежали – значит, он не любит их. Если человек не любит старые улицы, пусть даже и плохонькие – значит, у него нет любви к своему городу. Если человек равнодушен к памятникам истории своей страны – он, как правило, равнодушен к своей стране» [1].

Гибкость дополнительного образования детей как открытой социальной системы позволяет обеспечить условия для формирования лидерских качеств, развития социального творчества, формирования социальных компетенций [2]. Реализация задач, решаемых средствами краеведения, возможна при использовании образовательных ресурсов краеведения, реализуемых в системе разнообразных форм деятельности, в каждом элементе которой может принять деятельное участие каждый ребенок [3].

«Любовь к родному краю, знание его истории – основа, на которой только и может осуществляться рост духовной культуры всего общества. Культура – как растение: у неё не только ветви, но и корни. Чрезвычайно важно, чтобы рост начинался с корней» [1].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Лихачев Д.С. Краеведение как наука и как деятельность // Русская культура. М.: Искусство, 2000. С. 138-140.
2. Патока Т.Н. Актуальные проблемы экологического образования в УДОД // Дополнительное образование и воспитание. 2010. № 7. С. 31-34.
3. Молчанова Н.В. Формирование социально-экологических компетенций у обучающихся // Дополнительное образование и воспитание. 2010. № 12. С. 19.

О ВЫБОРЕ МЕСТА ПОД СТРОИТЕЛЬСТВО г. АПАТИТЫ [1]

Тарараксин С.В.

Апатиты, tararaksin@rambler.ru

1950 год. Страна только-только начинает отходить от страшной войны. В каждом доме тлеет щепотка её пепла. С открытого склада комбината «Апатит» отгружена последняя тонна довоенного концентрата. Разрушенной стране ещё не до удобрений на полях. Комбинат с 1944-го исправно даёт концентрат, на заводах его перерабатывают в суперфосфат, но не нужно его столько спалённой войной деревне. Впрочем, в Москве понимают, что советское село оклемается после всех несчастий, и тогда заполярный апатит потребуется в неизмеримо больших количествах, чем его может дать устаревающий комбинат. Учёные и проектировщики прикидывают варианты расширения рудной базы «Апатита». На плато Расвумчорр монтируется вторая буровая, вскоре там будет новый рудник. В ближайших планах наращивание добычи на Юкспоре. Строится подземный Расвумчоррский рудник. Институту «Механобр» даётся задание на проектирование обогатительной фабрики и города для её работников. Под руководством главного инженера проекта В.А. Перова разрабатываются два варианта их размещения, условно – красный и зелёный.

21 июня 1950 г. на комбинате «Апатит» состоялось совещание, на котором обсуждались эти варианты [1]. Председательствовал начальник ГУГМП МВД полковник Н.А. Добровольский – значительная фигура из могущественного министерства внутренних дел, в ведение которого недавно передали комбинат. МВД было не только могущественным, но и очень секретным. Видимо, поэтому мне не удалось отыскать те самые зелёный и красный варианты проекта. Лежат они где-нибудь в одном из московских архивов под грифом «Секретно» и строго хранят свою тайну. Но из протокола совещания можно сделать выводы о содержании вариантов проекта. Чтобы не усложнять сюжет, изложу оба варианта, как представляю их сам. По красному варианту предлагалось построить город и фабрику приблизительно на том месте, где они сегодня существуют. По зелёному – часть мощностей хотели разместить в Кировске, часть – в районе Титана, скорее всего, на площадке, где сегодня располагается третья фабрика. Где должен быть заложен по зелёному варианту новый город, установить не удалось.

Первым выступил Владимир Пузанов. В то время он руководил снежно-метеорологической службой комбината. Первое слово ему досталось, скорее всего, потому, что любое большое дело начинается со сводки погоды.

– При таком расположении промплощадок и поселков, как это предполагается в обоих вариантах проекта, есть опасения, что промплощадки попадают на одну ось с поселками. Их необходимо расположить на параллельных осях господствующих направлений ветров. Для уверенного решения этого вопроса необходимо получить фактические данные о ветровом режиме этих мест, необходимо провести соответствующие изыскания.

Я читаю протокол глазами человека сегодняшнего дня. Прошло немногим более 60 лет. Но сегодня трудно представить, как зажат был мир Кировска того времени. Приличной автомобильной дороги не было даже до ст. Апатиты. С миром горожан связывала лишь тонкая ниточка железнодорожной ветки. Даже специалисты весьма приблизительно представляли направления ветров в каких-то 15 км от города.

Следующее слово было за Борисом Струниным. Он работал в комбинате с 1935 г. и заведовал механической службой.

– Я считаю, что из двух представленных вариантов предпочтительнее красный, но посёлок лучше расположить в совхозе «Индустрия» у Рыбтреста. Здесь лучше климатические условия и природа. Фабрика по красному варианту выбрана хорошо. Есть возможность развиваться ей и поселку.

Я никогда в жизни не видел Бориса Михайловича. Но за эти слова он мне очень понравился. Как было бы замечательно, если бы Апатиты стояли на берегу Тик-Губы. Вместо жутких серых лодочных гаражей по кромке берега тянулась бы набережная. Прямо в городе пляж. Вечерами вдоль берега, как в Ялте, прогуливались бы жители. Все просто и красиво. Правда, зимой в Тик-Губе морозы забирают под сорок. Ничего, мы же не в Ялте, а на севере.

---

[1] По материалам доклада на научно-практической конференции «Кировск и Апатиты. Малые города – большая история: работа с архивными, библиотечными, музейными документами по краеведению» в Государственном архиве Мурманской области в г. Кировске 24-25 октября 2011 г.

Слово берет Виктор Иванович Орлов, человек в комбинате сравнительно новый. Прибыл в 1946-ом по направлению министерства для усиления инженерной службы.

– Большим недостатком расположения посёлка в Апатитах является то, что этим мы разъединяем город на отдельные посёлки. Только в едином городе можно обеспечить наилучшее бытовое и культурное обслуживание трудящихся. Исходя из того, что поселки горняков как бы приняты по варианту расширения Кукисвумчорра и что Кировск существует, я предлагаю развивать город здесь. Расширить его в западном, южном и северном направлении. Если же город строить в Апатитах, то необходимо обязательно отнести от него хвостохранилище, так как последнее со временем будет сильно пылить.

Как был прав инженер Орлов насчёт пыли с хвостохранилища! И ещё в одном согласен я с Виктором Ивановичем. Апатиты и Кировск должны быть едины. В остальном пусть ему возражают современники. Старожилам было хорошо известно, что площадка Кировска исчерпала свои возможности ещё в середине 1930-х.

Соломон Клементьевич Кельманзон пришёл в «Апатит» ещё в 1930-х. Грамотный инженер, химик-технолог. Комбинат знал до последнего винтика. Сам собирал его из эвакуационных останков военного времени. Последние слова предыдущего оратора, видно, зацепили его за живое.

– Из практики борьбы с запылённостью по нашему Союзу известно, что, например, в Москве успешно производится очистка газов тепловых электростанций. Следовательно, есть способ освобождения выхлопных газов от пыли. Город нужно строить на существующей площадке.

Старожил, отличный инженер. А вот же, ратует за зелёный вариант. Запылённость для Кировска – грандиозная проблема. Пылит обогатительная фабрика, пылит хвостовое хозяйство буквально в 2 км от жилых домов. Дунет северок – пыль с фабрики закрывает город. От любого другого ветра взвивается в воздух хвостовая пыль. Когда в городе строили фабрику, руководствовались, похоже, тем, что рядом есть озеро, источник воды для обогатительного процесса. Да ещё тем, что рабочая сила под боком. Не надо ломать голову над транспортными проблемами. Этот подход после пуска фабрики аукнулся горожанам. Первым пострадал городской парк. Он располагался прямо за к/т «Большевик». Замечательный соснячок стала густо заметать фабричная пыль. Одна из кировских старожилок рассказала мне, как девчонкой повалялась в парковом снежке в новом пальто. Ох, и попало ей от родителей! Телесные наказания детей тогда общественностью не преследовались. Досталось от пыли и городскому руководству. Ведь административный центр города располагался тогда рядом с фабрикой. Уже позже дома для руководства и специалистов стали строить чуть в сторонке, на Индустриальной улице.

В первый раз я приехал в Кировск летом 1959-го. Солнце стояло высоко. Небо было прозрачно-голубым. Но, как только автобус проехал кладбище на 13-ом км, мы попали в зыбкую пелену мелкого гнусного порошка. Сегодня мне кажется, что он даже хрустел на зубах. Дышать было нечем. Страшно. Почему же грамотный инженер Кельманзон ратовал за то, чтобы новая фабрика строилась в Кировске? Думаю, ответ прост. Строительство новой фабрики невозможно без строительства города. А на старой кировской площадке это было возможно только при условии сноса бараков 1930-х. Соломон Клементьевич отлично знал, в каком ужасном состоянии находится жилой фонд Кировска. Он понимал, что если город начнут строить на апатитской площадке, то кировчане надолго останутся жить в трущобах. Кое в чем он был прав. Кировск начали перестраивать после того, как в Апатитах появилось современное жилье.

Павел Васильевич Фаддеев пришёл на комбинат в 1934-ом. Прошёл все ступеньки служебной лестницы от рядового инженера до заместителя главного инженера комбината.

– В Кировске расширяться нет возможности. Город построен не на месте. Большую часть зимы здесь бураны, всё время дуют ветры. Климатические условия трудные. Зелёный вариант удачен для промышленной площадки, а город надо строить по красному варианту. Транспортировка рабочих на 8 км не служит препятствием.

С точки зрения сегодняшнего дня у меня нет претензий к инженеру Фаддееву. Следующей выступала А.А. Санева. Имеющиеся сведения о женщине с такой фамилией и инициалами вызывают много вопросов. Она работала заведующей учебной частью «Апатита», но пришла на эту должность только в 1951-ом и не могла принимать участия в совещании. Возможно, она представляла интересы города.

– Трудящиеся Кировска с тревогой думают о том, неужели город будет строиться здесь, и нас будут ещё пылить? Необходимо учесть условия жизни и быта в Кировске, особенно для детворы. У нас школьников около тысячи человек. Только один процент выезжает летом в южные районы. Остальные, как родились здесь, так и живут безвыездно. Куда нашей детворе выйти в Кировске? А в Апатитах сейчас уже зелень. С ростом поселков будет расти и количество детей. Если растить смену, то надо, чтобы она была здоровой.

Правильная женщина. Хорошо, что обошлась без политики. Это я сегодня могу сказать, почему в Кировске почти все дети были невыездные. А куда им деваться без родителей? Ведь, начиная с 1930-го, мало кого из спецпереселенцев восстановили в правах.

Израиль Исаакович Берман в 1950-ом отвечал на комбинате за технику безопасности. Кому, как ни ему, была известна статистика профессиональных заболеваний. Кому, как ни ему, жителю Кировска с 1935-го, было известно, чем живут соседи.

– Процент заболевания туберкулезом, в том числе и у детей – велик. Проблема обеспыливания сложна и пока неразрешима. Кировск находится на высоте 350 м над уровнем моря, в то время как в районе ст. Апатиты высота 150 м. С точки зрения охраны здоровья и жизни трудящихся вариант постройки поселка в районе Апатитов наиболее правильный.

Слово берет Иосиф Максимович Борушко. Фигура примечательная. На комбинат он пришёл в 1934-ом после окончания Ленинградского горного института. Меньше чем за два года прошёл путь от помощника начальника горного участка до начальника и главного инженера Кировского рудника. Правда, руководил комбинатовскими горняками он только год. В 1938-ом после знаменитого трагического снежного обвала, когда в посёлке Кукисвумчорр погибли десятки жителей, его уволили и отдали под суд. Через полтора года обвинение сняли и восстановили на работе. В карьере горного инженера Борушко случился глубокий провал. В комбинат он вернулся на должность старшего инженера производственного отдела управления. С этой должности Иосиф Максимович ушёл в армию в августе 1941 г. В январе 1946-го вернулся в Кировск. Через полтора года его утвердили главным инженером «Апатита». В отличие от предыдущих ораторов, которых я цитировал кратко, выступление Иосифа Максимовича привожу целиком, в том виде, как это записано в протоколе. Впрочем, оно было одним из самых кратких.

– Основные доводы при обсуждении вопроса о непригодности площадки Кировска для дальнейшего развития: пыль и общие климатические условия. Считаю, что с пылью справимся, и её можно не учитывать при обсуждении. Второй вопрос – чисто климатические соображения. Это правда, что климатические условия тяжёлые, и апатитский вариант поэтому является лучшим. Но я полагаю, что нужно считаться и с тем, что транспортировка рабочих с Апатитов на 25 км и Расвумчорр будет неприемлема. Строительство рудников Юкспора и Расвумчорра потребует строительства новой жилищной площадки. Такими площадками могут быть существующие площадки Кировска и рудничного посёлка. Поэтому строительство на этих площадках надо осуществлять в таком объёме, какой диктуется потребностями рудников Кукисвумчорр, Расвумчорр и Юкспорр, работающей апатитовой фабрики и строящейся нефелиновой. Для смягчения неблагоприятных климатических условий строительство осуществлять с максимумом жилищно-бытовых и культурных удобств. Таким образом, мы будем иметь два крупных жилищных и промышленных пункта.

Видно, намертво срослись в Иосифе Максимовиче качества инженера и дипломата. Недаром вскоре он надолго займёт кресло директора комбината. Конечно, с пылью он поторопился. И сегодня эта проблема полностью не решена. Но он-то верил, что пройдет 5, ну 10 лет, и воздух в городе станет чистым. Нельзя укорять главного инженера за то, что он не представлял, как можно организовать доставку людей на работу из Апатитов на рудники. Гораздо позже те же аргументы привели к возникновению пос. Коашва рядом с Восточным рудником. А люди на этот самый отдалённый рудник сегодня ездят работать именно из Апатитов. А что город предлагал строить на месте старых посёлков, так аргументы были у него те же, что у Кельманзона. Люди должны жить в человеческих условиях.

Последним, как и положено, слово взял председательствующий полковник Добровольский. Найти какие-нибудь сведения об этом человеке я не пытался. Наверняка его толстое личное дело хранится в московском архиве МВД и сегодня не доступно простым смертным. Он начал свою речь как армейский стратег.

– Преобладающее мнение сводится к тому, чтобы отойти на ст. Апатиты. Я должен сказать, что это правильно. Там климатические условия лучше. Но мы одновременно должны думать об экономике. Самое главное, что мы должны иметь в виду – это возможность иметь дополнительные площади на случай развития химической Магнитки. Для этого потребуются огромные площади. Надо, чтобы найдены были места с большими резервами площади. У нас будет три больших рудника. От них мы не уйдём. Кировск мы не закроем. Здесь будут жить ИТР и рабочие. Каков бы ни был вид транспорта, при дальних перевозках даже московский электропоезд будет неудобен. Да и не может быть рудник в отрыве от рабочего класса. Действительно, климатические условия суровы, но надо находить условия, чтобы детям и трудящимся жилось лучше. Город надо благоустроить, создать более удобные жилища, льготы и прочее. Город должен благоустраиваться, а не затухать.

Выступление председательствующего, похоже, устроило всех. Остались довольны те, кто высказался за красный вариант. Те же, кто радел за дальнейшую судьбу Кировска, тоже услышали от непростого полковника обнадёживающие слова. Получается, что в середине 1950-го на рядовом совещании была решена судьба Апатитов, Кировска и всех трёх обогатительных фабрик комбината «Апатит». Подобных совещаний потом было много. Но это было первым и главным, можно сказать – историческим.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОКУ ГАМО в г. Кировске, Ф. Р-179. Оп. 1. Д. 2263. Л. 111-116.

ИСТОРИЯ И РАЗВИТИЕ ТУРИЗМА В ГОРОДЕ КИРОВСКЕ [1]

Химчук Е.П.

Кировский историко-краеведческий музей, museum25km@rambler.ru

Хибины – красивейший уголок Кольского Севера. Акад. А.Е. Ферсман назвал его «Северной Швейцарией». Здесь в узких долинах Хибин, на берегу Б. Вудъявра были найдены мощные залежи апатита (рис. 1).

Добыча апатита представляла тогда очень большие трудности из-за суровых условий, безлюдности и отдалённости района от промышленных и культурных центров страны. Но в течение первой пятилетки 1929-1934 гг. эти трудности были преодолены, и в Хибинах широко развернулось строительство. Вглубь горного массива проложили железнодорожный путь, на месте поваленного буреломом леса создали новый промышленный центр – г. Хибиногорск, рудник и обогатительную фабрику (рис. 2).

Рис. 1. Кировский рудник. 1929-1934 гг.

Рис. 2. Хибиногорск.

Своеобразие природы Кольского п-ова, новизна и размах строительства в ненаселённом прежде месте, возникновение горнодобывающей промышленности, важной для страны – всё это привело к тому, что туристический интерес к Хибинскому краю рос из года в год. Наиболее интересными местами для туризма в 1930-е здесь были Мурманск, Кандалакша, Хибиногорск (позднее Кировск) и оз. Имандра. Каждое лето десятки людей приезжали сюда, и опорным пунктом для них служили база ОПТЭ и база Комиссии содействия учёным на оз. Имандра.

База ОПТЭ принадлежала Обществу пролетарского туризма РСФСР – массовому добровольному обществу. Оно образовано в 1928 г. на основе «Российского общества туристов» в результате объединения всех акционерных туристско-экскурсионных обществ и организаций, Государственного акционерного общества «Советский турист», Украинского межпаевого экскурсионного товарищества и др. Руководящим органом был Центральный совет во главе с Президиумом. Структура ОПТ состояла из отделений в крупных городах и первичных ячеек на фабриках, в колхозах и учебных заведениях.

---

[1] По материалам доклада на научно-практической конференции «Кировск и Апатиты. Малые города – большая история: работа с архивными, библиотечными, музейными документами по краеведению» в Государственном архиве Мурманской области в г. Кировске 24-25 октября 2011 г.

В 1930 г. по инициативе ленинского комсомола «Общество пролетарского туризма РСФСР» преобразовано во Всесоюзное добровольное Общество пролетарского туризма и экскурсий, которое охватывало вначале около 50000 чел., а в 1932 г. выросло до 169500 чел. В задачи общества входило: широкое ознакомление народных масс со страной и её природными богатствами; организация массового обмена производственным опытом; активное участие в укреплении обороноспособности страны и здоровья людей; патриотическое воспитание и повышение культурного уровня трудящихся; участие туристов в общественно-полезной работе.

СССР в то время полыхал лозунгами. Пролетарский туризм в этом деле не отставал: «Пролетарский туризм – орудие культурной революции», «Чтобы лучше служить СССР – надо его знать, чтобы лучше знать – будь туристом», «Пролетарский туризм включить в борьбу за освоение Севера», «Советский туризм является не только отдыхом для рабочего ударника, но и верным помощником в деле строительства социализма». Один из лозунгов звал: «Создать в Хибиногорске мощную базу пролетарского туризма!» М. Гинзбург, житель Хибиногорска, так доказывал в газетной статье необходимость туризма: «Советский туризм – это активный борец за 5-летний план и культурную революцию. Крайний Север, на котором мы живём и который осваиваем только сегодня, огромные строительства промышленного гиганта Севера – всё это важнейший материал для советского туриста. Именно важна в истории Общества пролетарского туризма дата открытия отделения Общества пролетарского туризма у нас в Хибиногорске. Ещё до организации Общества пролетарского туризма Хибиногорск посещали сотни экскурсантов – рабочих, учёных, журналистов затем, чтобы на месте своими глазами удостовериться в гигантском строительстве горно-химического комбината. Задача Общества пролетарского туризма – строго продумать и разработать маршруты экскурсий».

Хибиногорское Общество пролетарского туризма и экскурсий основано в сентябре 1931 г., в январе 1932 г. созданы первые туристические ячейки. И почти сразу Хибины посетили четыре группы в количестве 39 человек. Это были студенты и преподаватели Ленинградских учебных заведений. Хотя у ОПТЭ не было собственного помещения и достаточного числа сотрудников, приём туристов был на высоком уровне. О деятельности ОПТЭ в Хибиногорске свидетельствуют отзывы в газете «Хибиногорский рабочий» от января 1932 г. Из письма членов научно-производственной экскурсии Ленинградского финансово-экономического института проф. М. Вольфа, доц. В. Клоута, студентов Макарского, Панфилова, Гетманского и др.: «Позвольте нам, членам научно-производственной экскурсии Ленинградского финансово-экономического института Ленинграда, выразить глубокую нашу благодарность тов. Захарову,

Рис. 3. Участники торжественного открытия базы ОПТЭ. 1932 г.

который в качестве представителя ОПТЭ проявил совершенно исключительное внимание в отношении нашего приёма и помощь в выполнении наших производственных заданий».

10 апреля 1932 г. состоялось торжественное открытие базы ОПТЭ, которое проходило в присутствии делегатов I полярной конференции и представителей общественных, партийных, профессиональных организаций Хибиногорска. Докладчик т. Захаров рассказывал историю возникновения базы. «Вновь выстроенная база должна предоставить трудящимся отдых, отдых активный и полезный. Но это только одна часть работы. На карте нашего полуострова есть ещё белые пятна, туристы должны помочь разведывательным организациям заполнить эти пустоты, должны стать активными участниками разведки недр». С приветствием от Горкома партии выступал т. Семячкин: «Сегодня большое событие за полярным кругом – первая научная конференция, сегодня открыта станция Академии наук и сейчас мы открываем базу ОПТЭ…» (рис. 3).

От Академии наук, научной конференции, всех научных работников на открытии базы выступал акад. А.Е. Ферсман, от имени Окрисполкома – т. Дроздов, от краеведческих организаций – т. Пименов и проф. Вольф. Вечер был закончен играми и чаепитием. Единым руководящим органом Хибиногорского ОПТЭ стал городской совет, а чтобы наметить пути дальнейшего развития общества, решено было организовать городскую конференцию Общества пролетарского туризма и экскурсий. Вот как писала о предстоящей конференции газета «Хибиногорский рабочий»: «17 апреля, ровно в 7 час. вечера на базе туристов состоится I горконференция ОПТЭ. На повестке дня: доклад о целях и задачах ОПТЭ, доклад об исследовательском походе, выборы горсовета ОПТЭ и Ревкомиссии. После торжественной части самодеятельные выступления, массовые песни, игры и угощение. На базе будет работать выставка и будут проводиться консультация по вопросам туризма. Делегаты будут доставляться на базу на автобусах. Каждый член ОПТЭ должен принять активное участие в подготовке горконференции, выделить лучших туристов на конференцию, а лучших из них в члены горсовета ОПТЭ».

Открывая и приветствуя участников конференции, уполномоченный ОПТЭ т. Захаров говорил о том, что малая изученность Кольского п-ова является серьёзным основанием для развития туризма, что база ОПТЭ не случайно построена рядом с научным учреждением, в котором ведется большая работа по изысканию местных сырьевых и продовольственных ресурсов, что в ходе работы конференции необходимо конкретно наметить пути дальнейшего сотрудничества туризма и науки. Приветствуя конференцию от научно-исследовательских учреждений, директор ботанического сада Н.А. Аврорин подчеркнул, что ОПТЭ молодо, как и местные научно-исследовательские учреждения. Поэтому они должны вместе изучать Кольский край, помогая друг другу, учась друг у друга. В заключение оргкомитет конференции обратился с ходатайством в Хибиногорский Горсовет о награждении т. Захарова Почётной грамотой, так как именно благодаря его энергичной работе стали возможны успехи, которых достигло Хибиногорское отделение Общества. На конференции был выбран горсовет ОПТЭ, который состоял из 15 чел., почетным членом которого стал акад. А.Е. Ферсмана. В тот же день база приняла новую партию отдыхающих делегатов (рис. 4).

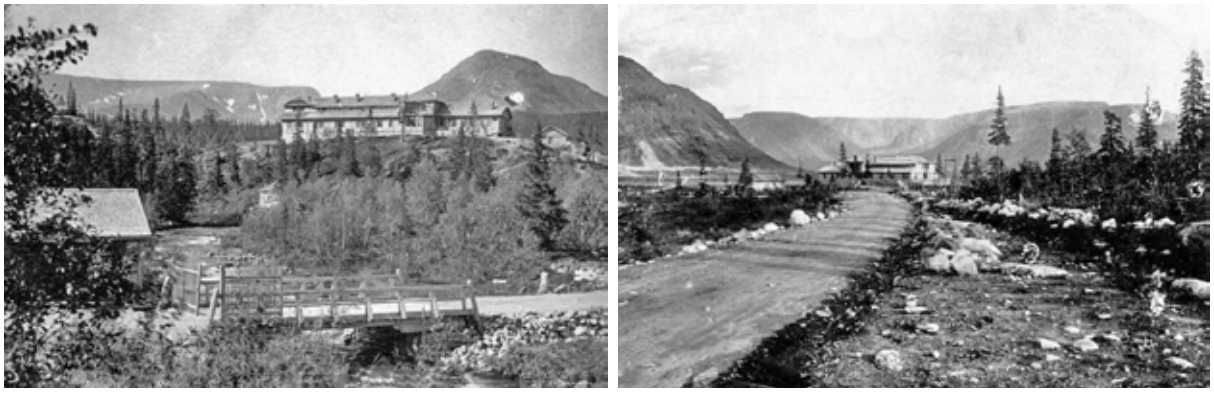


Рис. 4. Хибиногорская база ОПТЭ.

Какую же работу проводило ОПТЭ в Хибиногорске? Это была организация экскурсий на предприятия города, приём иногородних туристов, организация экскурсий работников Хибиногорска по Советскому Союзу, участие в организации соревнований на территории Хибиногорска. Вот небольшой перечень мероприятий, проводимых Обществом: Хибиногорский горсовет ОПТЭ на майские дни устраивал луч-

шим ударникам города экскурсии в Ленинград для участия в майских торжествах; Кировским райсоветом ОПТЭ организовывались экскурсии на Кавказ, в Крым, Алтай, Беломорканал, ДнепроГЭС, Кузбасс, оз. Селигер, по Днепру, Чёрному морю и в Ленинград. Стоимость поездок составляла от 70 до 415 руб., продолжительность – от 5 до 22 дней. В стоимость экскурсии входило трёхразовое питание, ночёвки с постельными принадлежностями, экскурсии в городах и внутримаршрутный транспорт.

По решению президиума Кировского райисполкома ОПТЭ организовал туристский лагерь на Умбозере, где открыл дом отдыха, в котором две комнаты отводились для туристов, идущих из Кировска по Кольскому п-ову. Там же был организован палаточный городок, где можно было получить продовольствие, байдарки и лодки. Кировским райсоветом ОПТЭ разрабатывались маршруты для детей 11-13 лет к ущелью Рамзая через базу ОПТЭ и подъём на вершину г. Айкуайвенчорр. Для школьников старшего возраста устраивались походы на Умбозеро. База ОПТЭ была одновременно и базой шестого дня отдыха хибиногорцев, которая 17 апреля 1932 г. приняла первых 40 человек, рабочих и служащих Хибиногорска. Каждый из них получил чистые комнаты и постели, ужин, отдых и развлечения. Для отдыхающих проводились экскурсии на горную станцию Академии наук «Тиетта». Работниками ОПТЭ проводились беседы с гостями для выявления положительных и отрицательных сторон базы 6-го дня. К положительным отдыхающими были отнесены: отличный приём, питание, ночлег, к отрицательным – то, что не выдавали лыжи, хотя они и были в наличии, что недостаточно настольных игр – шашек, шахмат, домино и др., отсутствовали музыкальные инструменты, радио и газеты, даже местные (рис. 5).

Рис. 5. Водные процедуры в районе Дома туриста.

Рис. 6. Оленьи упряжки в городе.

Но главный недостаток – отсутствие подготовленного культработника, массовика-затейника. Администрации базы необходимо было принять к сведению все записанные в книгу пожелания, замечания отдыхающих и постараться в кратчайший срок исправить положение. В 1935 г. перед ОПТЭ была поставлена задача – сделать туристический отдых массовым, и общество активно включилось в эту работу. «В 1935 г. с 15 марта по 15 мая Кировским Райсоветом ОПТЭ проведены 61 экскурсия на предприятия Кировска и базу ОПТЭ. В них принимало участие 1218 человек, одна экскурсия была организована на Нива ГЭС. Райсоветами ОПТЭ в июне групповыми экскурсиями обслужено 1432 человека. Наибольший интерес к экскурсиям проявляли рабочие обогатительной фабрики. За 12 дней июля проведено 34 экскурсии, обслужено 781 человек». Центральный совет ОПТЭ, не ограничиваясь показом уже более или менее освоенных объектов, решил в 1935 г. организовать первый арктический маршрут на о-ва Баренцева моря, Колгуев, Вайгач, Новая Земля, Мурманское побережье. Этот маршрут проводился под лозунгом массового приобщения людей нашей страны к Арктике. Приблизительно в конце июня 1935 г. в Хибинах открылась детская экскурсионно-туристическая база Наркомпроса. Лучшие ученики Советского Союза приезжали в Кировск, чтобы познакомиться с его достопримечательностями (рис. 6).

База ОПТЭ в 1930-е была не только местом отдыха хибиногорцев и туристов, приезжающих в город, но и местом спортивных соревнований. Из газеты «Хибиногорский рабочий»: «На базе ОПТЭ – участники соревнований и зрители. 12 апреля 1932 г. здесь состоялся первый междугородний праздник физкультуры

Кольского п-ова … пока спортсмены проходят дистанции до финиша, зрители греются на базе ОПТЭ, там для них приготовлен горячий чай, игры, книги…» Возможность создания в Кировске Всесоюзного центра горнолыжного спорта и зимнего высокогорного туризма ещё более увеличило значение ОПТЭ и приковало внимание туристов к краю (рис. 7).

Рис. 7. Спортсмены-лыжники. 1934 г.

Рис. 8. Туристическая база ОПТЭ зимой 1939 г.

Благодаря прекрасно организованной экскурсионной работе, чистоте, хорошему питанию, вежливому и заботливому отношению обслуживающего персонала Хибинская база ОПТЭ завоевала авторитет среди туристов. Об этом лучше всего говорили отзывы гостей: «Природу Севера не променяю ни на один уголок Кавказа. Здесь гораздо приятнее посидеть на берегу реки или, забравшись на гору, с наслаждением отдохнуть после подъёма. Это закаляет и укрепляет организм человека. С Севера всегда приедешь бодрым и сильным. Меня Север манит и зовёт в объятия своих просторов» (рис. 8).

На базе организовали небольшой музей, здесь имелись карты и литература о Хибинах, в том числе «Путеводитель по Хибинским тундрам», изданный Академией наук в 1931 г. В нём были помещены материалы, освещающие ботанику, животный мир, климат Хибин, а также давались сведения по геологии, геохимии и минералогии. Путеводитель увлекательно рассказывал о происхождении естественных богатств края, в нём было описание отдельных маршрутов, по которым могли бы пройти туристы. Хибиногорской базой ОПТЭ проводилась большая работа по организации зимнего туризма. В 1938 г. при базе организована зимняя лыжная станция с 90 парами лыж, часть из них – горные со специальным креплением под горные ботинки. Станция обслуживала приезжающих и местных туристов. С начинающими лыжниками проводились уроки. Были разработаны специальные лыжные маршруты по окрестностям Хибиногорска: ущелье Рамзая, долина Кукисвум, ущелье Гакмана, Пирротиновое ущелье и трёхдневный поход к Умбозеру. Кроме того, при базе были организованы зимние аттракционы: саночная карусель, ледяная гора, финские сани. Деятельность базы была прервана в годы Великой отечественной войны. После войны туристическую базу отстроили заново на территории городского парка отдыха. А там, где была база ОПТЭ, возвели здания профилактория «Уют». 6 января 1973 г. построен первый корпус, 12 апреля 1989 г. – второй. Сегодня в санатории-профилактории «Тирвас» (так теперь называется «Уют») ежегодно отдыхают и лечатся сотни жителей нашего города.

Сейчас в нашем понимании туризм – это приём иногородних туристов, приезжающих в Хибины, либо организация отдыха кировчан в других регионах страны или мира. В 1930-е туризм был направлен не только на знакомство приезжающих с достопримечательностями края, но и на большую научно-исследовательскую работу по его изучению. Ещё одной составляющей тогдашнего туризма, к сожалению, теперь почти забытой, было знакомство жителей города с местным производством, культурой, природой. Хибинские тундры до сих пор являются замечательным местом для туризма. Людям, впервые побывавшим в нашем краю, невозможно остаться равнодушным к нему. По данным Мурманской поисково-спасательной службы около 20 тыс. туристов ежегодно посещают Хибины, фактически их число в три раза больше. С уверенностью можно сказать, что если бы не масштабная работа ОПТЭ в 1930-е годы, мы не имели бы сегодняшнего успеха в этой сфере деятельности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Хибиногорский рабочий. № 6 (162) от 6 января 1932 г. С. 2.
2. Хибиногорский рабочий. № 8 (162) от 9 января 1932 г. С. 4.

3. Кировский рабочий. № 163 (1277) от 17 июля 1935 г. С. 4.
4. Хибиногорский рабочий. № 86 (240) от 12 апреля 1932 г. С. 2.
5. Хибиногорский рабочий. № 86 (240) от 12 апреля 1932 г. С. 4.
6. Хибиногорский рабочий. № 88 (242) от 15 апреля 1932 г. С. 4.
7. Хибиногорский рабочий. № 89 (243) от 16 апреля 1932 г. С. 3.
8. Кировский рабочий. № 89 (1143) от 17 апреля 1935 г. С. 3.
9. Кировский рабочий. № 116 (1170) от 22 мая 1935 г. С. 4.
10. Кировский рабочий. № 155 (1209) от 8 июня 1935 г. С. 4.
11. Хибинский вестник. №15 (665) от 17 апреля 2002 г. С. 6.
12. Карело-Мурманский край. № 3-4, март-апрель 1932 г. С. 23.

ПОЛЯРНЫЕ СИЯНИЯ В ТРУДАХ М.В. ЛОМОНОСОВА [1]

Черноус С.А.
Полярный геофизический институт КНЦ РАН, Апатиты, chernouss@pgia.ru

Михаил Васильевич Ломоносов (1711-1765) родился и вырос в Архангельской губернии вблизи Белого моря. Русские обитатели Севера – поморы относились к полярным сияниям как к обыденным явлениям и не видели в них ничего мистического. В юности М.В. Ломоносов неоднократно ходил с отцом в Северный Ледовитый океан, то есть туда, где по современным представлениям расположена зона максимальной вероятности обнаружения этого явления. Поэтому в дальнейшем, когда он заинтересовался их физической природой, он опирался не на чужие описания, часто далекие от действительности, а на собственные наблюдения. Вот как он описывает свои встречи с полярными сияниями. «Итак, сколько могу себе представить, заподлинно уверяю, что в оном климате около 64 градусов северные сияния больше бывают непорядочные, и не могу вспомнить, чтобы когда я видел хотя мало регулярную дугу на севере или на полудне; но по большей части бывают всполохи наподобие зарницы или столбов и лучей весьма переменных; второе, хотя всполохи бывают по всему небу, однако больше на севере; третье, случалось видеть зимою местами небо малинового, к вишнёвому склонного, цвету, между западом и полуднем; четвёртое, чаще случалось видеть в ветреную погоду сквозь перерывные облаки» [1]. На протяжении веков мнения, касающиеся полярных сияний, высказывались многими. Они часто были связаны с мистикой, суевериями и религией. Действительно, сияния могли напоминать битвы воинов, летящих валькирий, огнедышащего дракона и птицу. Свои концепции и трактовки природы полярных сияний высказывали такие выдающиеся учёные и философы как Плиний ст., Сенека, Галилей и др. В Санкт-Петербургской Академии наук и до М.В. Ломоносова пытались изучать полярные сияния основательно и серьёзно академики Крафт, Мейер и Гейнзенус [2-4]. В 1730 г. акад. Крафт печатает обширную историческую справку о сияниях с гипотезами оптического и космического характера, существовавшими в Зап. Европе. Там же он излагает взгляды Мейера, сущность которых заключается в том, что по мере нарастания осенью «стужи» с земли поднимается тёплый воздух и по линии соприкосновения тёплого и холодного воздуха происходит возгорание паров. В то время ещё не знали, что сияния бывают зимой и летом, днём и ночью, просто глаз человека не в состоянии их увидеть. Акад. Гейнзенус был сторонником недавно вышедшей работы француза де Мерана [3] о том, что сияния должны происходить из материи, выброшенной Солнцем (что является догадкой о существовании солнечного ветра), и в 1740 г. опубликовал статью, в которой пытался объяснить единой причиной, отражением и рассеянием, зодиакальный свет и полярные сияния.

Ода «Вечернее размышление о божием величестве при случае великого северного сияния». Она стала одним из первых научных трудов М.В. Ломоносова, посвящённых полярным сияниям [5]. Уникальный дар Ломоносова-поэта позволил ему в стихах сформулировать основные проблемы физики и природы полярных сияний. Фрагменты оды, имеющие прямое отношение к полярным сияниям, приведены

[1] По материалам доклада на научно-практической конференции «Кировск и Апатиты. Малые города – большая история: работа с архивными, библиотечными, музейными документами по краеведению» в Государственном архиве Мурманской области в г. Кировске 24-25 октября 2011 г.

далее. Рисунок 1 иллюстрирует первую строфу. Во второй строфе М.В. Ломоносов задаётся вопросом, как может быть, что заря (научное наименование полярных сияний «aurora», т.к. они похожи на зарю) появляется не на востоке или западе, где всходит и заходит солнце, а «с полночных стран». Тем самым он подвергает сомнению гипотезу о том, что сияния – это отражение или рассеяние солнечного света: «Не солнце ль ставит там свой трон, не льдисты ль мечут огнь моря». И далее: «Се хладный пламень нас покрыл». Холодным огнём сейчас часто называют плазму, разреженный ионизированный газ. Именно он светится, вызывая полярные сияния. Так М.В. Ломоносов впервые подходит к тому, что полярные сияния – это собственное свечение атмосферы, впоследствии стали говорить – «люминесценция». Следующая строфа – обращение к великим учёным Европы (их имена не называются), которые известны открытиями в астрономии и небесной механике: «Вам путь известен всех планет; скажите, что нас так мятет?» Четвёртая строфа частично посвящена критике гипотезы акад. Крафта: «Как может быть, чтоб мерзлый пар среди зимы рождал пожар?» Она говорит о том, что нельзя явления из нижней атмосферы бездумно переносить в верхнюю: «Как молния без грозных тучь стремится от земли в зенит?». Вопрос о том «что зыблет ясный ночью лучь?» до сих пор является предметом научных исследований. Фактически М.В. Ломоносов ставит научные проблемы, касающиеся физики полярных сияний, частично решённые лишь недавно [3, 4].

Рис. 1. Полярные сияния на Кольском п-ове, фото автора.

Лице свое скрывает день,
Поля покрыла мрачна ночь,
Взошла на горы чорна тень,
Лучи от нас склонились прочь.
Открылась бездна звёзд полна;
Звездам числа нет, бездне дна.

Но где ж, натура, твой закон?
С полночных стран встаёт заря!
Не солнце ль ставит там свой трон?
Не льдисты ль мещут огнь моря?
Се хладный пламень нас покрыл!
Се в ночь на землю день вступил!

О вы, которых быстрый зрак
Пронзает в книгу вечных прав,
Которым малый вещи знак
Являет естества устав,
Вам путь известен всех планет;
Скажите, что нас так мятет?

Что зыблет ясный ночью лучь?
Что тонкий пламень в твердь разит?
Как молния без грозных тучь
Стремится от земли в зенит?
Как может быть, чтоб мёрзлый пар
Среди зимы раждал пожар?

Гипотезы Ломоносова. Об электрической природе полярных сияний. Одним из первых, кто осознал электрическую природу полярных сияний как свечения в разреженном газе, был М.В. Ломоносов [2-4]. Это даже принято считать его главным открытием в этой области. Эта гипотеза, уникальная для того времени, впоследствии подтвердилась. То, что это гипотеза, считали сам М.В. Ломоносов и Л. Эйлер, рецензировавший его работы как иностранный член Санкт-Петербургской академии: «В явлениях электрических некоторая тонкая материя выявляет себя столь очевидно, что не должна отрицаться… Если мы предварительно не сделаем известных гипотез и не будем их последовательно исправлять сравнением с явлениями, то никогда не дойдём до истинной причины…» Основной его работой о полярных сияниях является «Слово о явлениях воздушных, от электрической силы происходящих, предложенное от Михаила Ломоносова» [1], которая доложена на заседании Академии наук 26 ноября 1753 г. В XVIII в. физика электромагнитных явлений находилась в зачаточном состоянии, не было понятий электрического поля, электронов и вообще каких-либо носителей зарядов, ещё не родился М. Фарадей, открывший единую природу электрического и

магнитного полей. Да и сама природа электрических явлений оставалась загадкой. По мнению М.В. Ломоносова, электрическая сила может быть причиной полярных сияний, свечение которых напоминает свечение в разреженном газе: «Сие движение немало присутствием воздуха воспящается, оное исходит из того, что в стеклянном тощем шаре електрический свет не показывается, ежели из него воздух не вытянут» [1].

М.В. Ломоносов использовал метод аналогий, но такие ассоциации могли возникнуть только у учёного, глубоко и всесторонне представляющего предмет исследований и физическую картину мира. «Возбужденная электрическая сила в шаре, из которого воздух вытянут, внезапные лучи испускает, которые во мгновение ока исчезают, и в то же почти время новые на их места выскакивают, так что беспрерывное блистание быть кажется. В северном сиянии всполохи или лучи хотя не так скоропостижно происходят по мере пространства всего сияния, однако вид подобный имеют, ибо блистающие столпы северного сияния полосами от поверхности электрической атмосферы в тончайшую или и весьма в чистый эфир перпендикулярно почти простираются; не иначе, как в помянутом электрическом шаре от вогнутой круглой поверхности к центру сходящиеся лучи блистают». Вывод был категоричным: «Итак, весьма вероятно, что северное сияние рождается от происшедшей на воздухе электрической силы. Подтверждается оно подобием явления и исчезновения, движения, цвету и виду, которые в северном сиянии и в электрическом свете третьего рода показываются…». В этой же статье поясняется, что «третий род – бледный и слабый свет, который в весьма редком воздухе, или в месте, воздуха отнюдь не имеющем, над ртутью в барометре показывается и при исчезании электрической силы прерывно блещет …» [1].

В США знаменитый Б. Франклин тоже высказывал мнение, что полярные сияния вызываются электрическими процессами. Вот что говорит об этом М.В. Ломоносов: «Франклинова догадка о северном сиянии, которого он в тех же письмах несколькими словами касается, от моей теории весьма разнится. Ибо он материю электрическую для произведения северного сияния от жаркого пояса привлечь старается, я – довольную нахожу в самом том месте, то есть эфир, везде присутствующий. Он места её не определяет; я выше атмосферы полагаю. Сверх сего, ода моя о северном сиянии, которая сочинена 1743 г., а в 1747-м г. в Риторике напечатана, содержит моё давнейшее мнение, что северное сияние движением эфира произведено быть может» [6]. Сегодня ясно, что «электрическая сила» в представлении М.В. Ломоносова указывает на традиционное физическое понятие электрического поля. Эта гипотеза блестяще подтвердилась, как и существование электрического поля конвекции в магнитосфере, ускорение частиц электрическими полями, проникновение электрического поля магнитосферного происхождения в ионосферу и даже в нижнюю атмосферу [4].

Цвет полярных сияний. Перспективной оказалась и мысль М.В. Ломоносова о связи цвета свечения с конкретным веществом. В то время из работ Р. Декарта и И. Ньютона было известно, что цвет радуги обусловлен преломлением солнечного света в дождевых каплях, и казалось, что подобный физический механизм мог быть применён для объяснения разных цветов в полярных сияниях. Такому объяснению М.В. Ломоносов не поверил: «Рассуждая дуги, подобные радуге, удобно бы я поверил, что сии цветы ночного сияния от преломления лучей происходят, когда бы три обстоятельства всей вероятности не опровергали. Во-первых, не было тогда такого светила, которого преломленные лучи могли бы на цветы разделиться. Второе, алые столпы той же фигуры и в том же движении являются, как белые, посему из того же источника происходят, который от преломления лучей весьма разнствует. Третие, ещё нигде не доказано, чтобы все цветы чрез преломление лучей рождались, но, напротив того, много есть доводов, из которых явствует, что цветные тела токмо отвращением лучей разные цветы зрению показывают. Равным образом

Рис. 2. Разноцветные полярные сияния, фото В. Жиганова и автора.

никто не помыслит, чтоб сии ночные цветы осиянные пары и облака были, кто их вид, от свойства паров и облаков отличный, и положение вне атмосферы рассудит. Итак, остаётся, что причины их в разности эфира искать должно» [1]. То есть, не могут объяснить цвета сияний ни преломление, ни отражение света. Фактически, М.В. Ломоносов утверждает, что разное вещество в полярных сияниях и обуславливает их разный цвет: «И словом, когда сложенный изо всех главных цветов, то есть белый цвет, без воздуха в эфире рождается, то сомневаться не должно, что составляющие оный и порознь показаться могут» [1]. Эта догадка впоследствии была подтверждена прямыми инструментальными измерениями шведским физиком Ангстремом в 1866-67 гг. с помощью визуального спектроскопа [7]. Рис. 1-3 и 5 дают примеры разноцветных сияний.

Открытия Ломоносова. Полярные сияния происходят в верхней атмосфере. Принципиальным вопросом долгое время было определение высоты полярных сияний. Несмотря на то, что ещё в 1621 г. П. Гассенди высказал предположение, что они должны быть на большой высоте [3], он не был решен окончательно даже в конце XIX в. Первые результаты датского учёного А. Паулсена, полученные теодолитами с двух наблюдательных пунктов в 1899 г. в Гренландии, показали среднюю высоту сияний 20 км [9] – при том, что ещё в XVIII в. получены приемлемые измерения высот с помощью теодолитов известными английскими учёными Г. Кавендишем и Дж. Дальтоном [3]. Первый получил значения высот 85-115 км в 1782 г., второй – 160-240 км в 1786 г. Но еще раньше, в 1753 г., М.В. Ломоносов показал, что полярные сияния развиваются выше атмосферы, которая по представлениям того времени простиралась до 40 км. Он так описывает оригинальную методику своих наблюдений: «Что видимое сияние в месте, лишенном воздуха, произведено быть может, в том мы искусством уверены; и ради того все рассуждения, которые ясного и подробного познания о эфире требуют, без погрешения здесь мимо пройти можно. Положение северного сияния выше пределов атмосферы показывает сравнение зари, с ним учиненное. Ибо оныя периферия должна быть равна великому на земной поверхности кругу, как то из натуры земной тени заключить должно; окружению северного сияния надлежит быть равну кругам, экватору параллельным, той ширины, в которой оно положение свое на поверхности атмосферы имеет, что по пропорции вышины регулярной северного сияния дуги к ея ширине видеть можно» [6].

Ещё одно доказательство того, что сияния наблюдаются в разреженном воздухе, то есть на больших высотах, высказано М.В. Ломоносовым на основании лабораторных опытов: «Немало с сим согласуется искусством произведенное электрическое сияние, различными цветами, по разности тел, играющее; откуда не без вероятности заключается, что на самой поверхности атмосферы движением разных паров разноцветные в эфире рождаются столпы и сияния» [1]. В [6] подробно описано, как он производил измерения высоты верхнего края свечения: «Северное сияние нарочито порядочное октября 16 сего года приметил я здесь, в Санкт-Петербурге и, сколько возможно было смерив, вышину нашел 20, ширину 136 градусов; откуда выходит вышина верхнего края дуги около 420 верст», что хорошо совпадает с современными измерениями верхнего края лучистых дуг [4]. Норвежский учёный К. Штермер по фотографическим наблюдениям полярных сияний с двух пунктов измерил их высоту. Им было показано, что высоты полярных сияний в основном лежат в диапазоне 100-400 км [8]. Таким образом, оценки М.В. Ломоносова, полученные почти на два столетия раньше, близки к ним.

Полярные сияния – собственное свечение атмосферы. Во времена М.В. Ломоносова и позже стояла задача определить, что собой представляют полярные сияния – собственное свечение атмосферы или отраженные, рассеянные или преломленные лучи от внешних источников. Различные воззрения можно найти в [3]: Г. Галилей (1616): свечение подобно свету комет, отражающих свет солнца; Р. Декарт (1618): свечение является рассеянием солнечного света на кристаллах льда; Э. Галлей (1716): свечение за счёт истечения материи вдоль магнитного поля Земли; В. Дерхам (1728): свечение имеет ту же природу, что и при землетрясениях; Ж.-Ж. Де Мейран (1733): зодиакальный свет материи, выброшенной Солнцем; П. Мушшенброк (1744): свечение паров серы в воздухе; Л. Эйлер (1746): отражение и рассеяние солнечного света атмосферой; Р.Э. Понтопиддиан (1750): свечение, вызванное электричеством при трении влажного воздуха о поверхность Земли; К. Вольф (1745): свечение субстанции, предвестника молний; Б. Франклин (1752): свечение, вызванное электричеством, образующимся при атмосферной циркуляции. М.В. Ломоносов заметил, что звёзды могут быть видны сквозь сияния, и на этом основании сделал верное заключение: «Все северного сияния показанные виды не могут быть пары или облака, каким-нибудь блистанием освещённые, что регулярная почти всегда фигура и сквозь светящиеся звёзды явственно показывают» [1]. То есть, это собственное свечение атмосферы, а не отраженный, преломленный или рассеянный свет удалённого источника. Причём это утверждение он подтвердил наблюдениями и записями полярных

Рис. 3. Полярные сияния, видна «Большая Медведица», фото В. Жиганова.

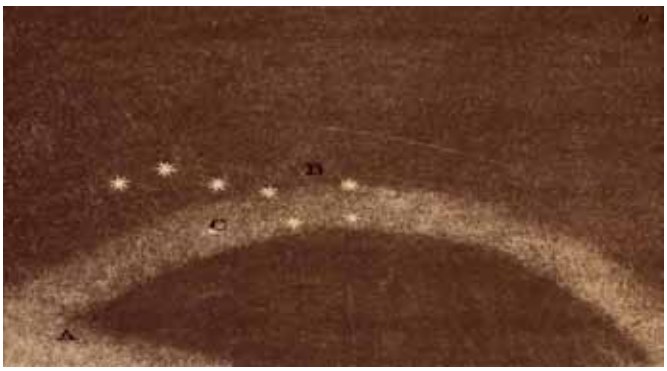


Рис. 4. Полярные сияния, видна «Большая Медведица», гравюра М.В. Ломоносова.

сияний, изобразив их на рисунках, с которых были изготовлены гравюры (9). На рис. 6 приведена зарисовка дуги полярного сияния, сквозь которую видно созвездие Большой Медведицы.

То же можно видеть на рис. 5. В научной литературе считается [3], что ответ на вопрос, является ли свечение полярных сияний собственным или вызвано трансформацией света удалённых источников, дал Ангстрем по впервые наблюдаемым им спектрам полярных сияний в 1866 г. [7]. На самом деле за 100 с лишним лет до Ангстрема это показал М.В. Ломоносов с помощью одновременных наблюдений звёзд и полярных сияний. И сейчас известно, что сияния – это люминесценция, обусловленная вторжением в верхнюю атмосферу заряженных частиц, в основном электронов и протонов.

Заблуждения М.В. Ломоносова. Источником «электрической силы» для возбуждения сияний может быть трение. В основополагающей работе об электричестве [1] М.В. Ломоносов считает, что «двояким искусством электрическая сила в телах возбуждается: трением и теплотой, что физикам довольно известно». В XVIII в. природа электрических явлений оставалась загадкой. По мнению М.В. Ломоносова, электрическая сила может быть причиной полярных сияний, свечение которых напоминает свечение в газовом разряде, а сама она возникает за счёт вертикальных движений в атмосфере. За счёт перераспределения температур происходит опускание верхних, более холодных слоев, и подъём нижних, более тёплых. Их трение и вызывает электрическую силу. Эту гипотезу он подтверждает рассуждениями, опытами и иллюстрациями. Высоко оценил эту работу Л. Эйлер: «То, что остроумнейший Ломоносов предложил относительно течения этой тонкой материи в облаках, должно принести величайшую помощь тем, кто хочет приложить свои силы для выяснения этого вопроса. Отличны его размышления об опускании верхнего воздуха и о внезапно происходящем от этого жесточайшем морозе». М.В. Ломоносов блестяще подметил огромную роль вертикальных движений в физике атмосферы. И хотя их роль в образовании полярных сияний ничтожна, эта идея заслуженно признана и развита при исследованиях погоды и климата. У гениальных людей и заблуждения гениальны.

Связь полярных сияний с погодой. Полярные сияния наблюдаются преимущественно в ясные ночи после ненастья: «Северное сияние и зарничные блистания приметил я вместе 1745 г. августа 25 дня, в 11 часу пополудни. Иногда громы и северные сияния по переменам одни за другими случаются. Например, 1748 г. августа 5, 6, 9, 23 и 28 чисел были громовые сильные тучи, а 17, 18, 19 являлись северные сияния» [6]. По его мнению, они появляются в ясные морозные ночи: «Во-первых, спросить могут, чего ради сие сияние больше к северу лежащие земли чувствуют, нежели те, которые к экватору ближе склоняются. На сие хотя ответствовать, прежде показать я должен, что погружение самой верхней атмосферы в среднюю много удобнее быть должно ближе к полюсам, нежели к экватору. Ибо из вышеписанных явствует, что студеный слой воздуха около полярных кругов с поверхностию океана соединяется, откуду по справедливости следует, что и верхний предел оного, который купно самой верхней атмосферы есть предел нижний, ближе к земной поверхности подходит… Того ради весьма вероятно, что воздух, составляющий верхнюю атмосферу, в оных местах сжимается пресильным морозом до той же густости, которую имеет средний снежный слой воздуха. Ради такой его густости пары могут подыматься до самой поверхности атмосферы» [6]. В этих выводах причина и следствие поменялись местами: наблюдать сияния можно только в ясные ночи, но случаются они в любую погоду, летом и зимой, что подтверждено наблюдениями из космоса. Причина полярных сияний

– активность Солнца, испускающего потоки частиц, взаимодействующих с магнитным полем Земли и атмосферой на больших высотах. Но многие и теперь считают, что мороз является их причиной.

Гравюры М.В. Ломоносова. Большой интерес представляют гравюры, зарисовки и описания полярных сияний, сделанные М.В. Ломоносовым [10]. 47 зарисовок выполнены на 11 гравюрах на меди и хранятся в музее М.В. Ломоносова в Санкт-Петербурге [2, 4]. На них мы видим типичные формы сияний, которые сейчас связывают с различными плазменными явлениями в магнитосферно-ионосферной физике. М.В. Ломоносов верно подметил основные особенности сияний, их изменчивость во времени и пространстве, взаимное расположение. На рисунке 5 изображены сияния, которые он наблюдал: hh – дуга светлая, gg – зеленая, ff – алая. На рисунке 6 дана фотография, сделанная в Апатитах. Они очень похожи по содержанию и цвету. На зарисовке мы видим красные лучи в верхней части, светлую – в нижней и зелёную – между ними. То же расположение цветов видим на фотографии. В современной классификации это красные сияния типа «А». Наклон лучей на рисунке и фотографии показывает, что они расположены вдоль силовых линий земного магнитного поля. Подобие зарисовок М.В. Ломоносова современным изображениям сияний можно показать и для других форм. Полярные сияния не изменились за 300 лет.

Рис. 5. Красные полярные сияния типа «А». Апатиты, фото автора.

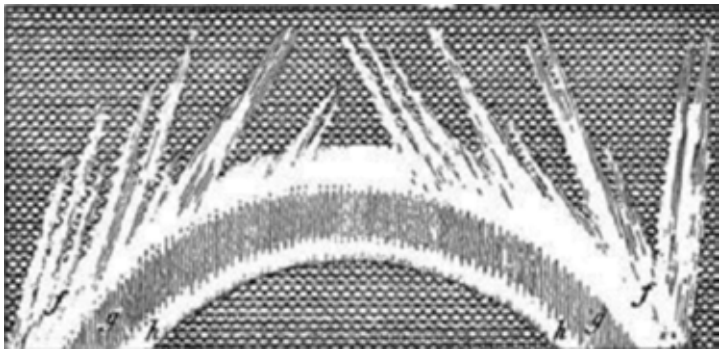


Рис. 6. Полярные сияния в Санкт-Петербурге, гравюра М.В. Ломоносова.

Приведённые данные далеко не исчерпывают всего, что сделал М.В. Ломоносов в области исследования полярных сияний. Его открытия (если считать таковым доказанную гипотезу о природе явления) связаны с определением полярных сияний как собственного свечения атмосферы и области их существования – верхней атмосферы. Им опубликован план экспериментального и теоретического изучения проблемы. К сожалению, он прожил всего 54 года. Можно только удивляться гениальной прозорливости, с какой он предвосхитил знания о природе полярных сияний, которые стали доступными нам только в космическую эру.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ломоносов М.В. Полное собрание сочинений. Т. 3. М.-Л.: Изд-во АН СССР, 1952. С. 15-99.
2. Святский Д.О. Эволюция взглядов на северное сияние в русской литературе и науке с X по XVIII в. Архив истории науки и техники. Вып. 4. Л.: Изд-во АН СССР, 1934. 479 с.
3. Eather R.H. Majestic lights: the aurora in science, history, and the arts. AGU spec. publ. 1980. Vol. 18. 323 p.
4. Евлашин Л.С., Старков Г.В., Черноус С.А. М.В. Ломоносов и изучение полярных сияний // Геомагнетизм и аэрономия. 1986. № 6. С. 881-886.
5. Ломоносов М.В. Полное собрание сочинений. Т. 8. М.: Изд-во АН СССР, 1959. С. 120-123.
6. Ломоносов М.В. Полное собрание сочинений. Т. 3. М.-Л.: Изд-во АН СССР, 1952. С. 103-133.
7. Angstrom A.J. Spektrum des Nordlichts // Pogg. Ann. 1869. Vol. 137. P. 161-163.
8. Størmer C. The Polar Aurora. Oxford: Clarendon Press, 1955. 403 p.
9. Ecyclopedia Britannika. V. 2, England, Cambridge, 1910. P. 927-933.
10. Ломоносов М.В. Зарисовки северных сияний, исполненные М.В. Ломоносовым. Полное собрание сочинений. Приложение к т. 3. М.- Л.: Изд-во АН СССР, 1952. 13 с.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ АРХИВНЫХ ДОКУМЕНТОВ НА УРОКАХ ИСТОРИИ [1]

Черняева И.Н.
МОУ СОШ № 2, Кировск, School_2.Kirovsk@mail.ru

Работа с подлинными источниками на уроках истории, спецкурсах, в научных обществах школьников – один из эффективных методов развития интереса к знаниям. Подрастающее поколение живёт в условиях демократизации, формирования гражданского общества и правового государства. У современных школьников есть множество источников информации. Они могут сопоставить сведения по истории из учебников со сведениями, получаемыми в семье, из периодической печати, радио, телевидения, интернета и т.д. В этих условиях усложнилась работа учителя истории. Современное образование должно служить консолидации общества, формированию его активных членов, воспитанию молодёжи на принципах гражданственности и патриотизма. Специалистами признаётся, что новейшая история России имеет особое значение в преподавании отечественной истории в средней школе [1-3]. Изучение и оценивание событий XX в. – своеобразный мост к пониманию современного развития нашего государства. Главная проблема – преподавание при множестве точек зрения на события XX в., их неоднозначная трактовка, дискуссионность ряда вопросов. Как оценивать то или иное событие школьникам, чьей точки зрения следует придерживаться? Что помогает преодолеть эти сложности?

С нашей точки зрения, важную роль в понимании происходивших в XX в. событий играет обращение к подлинным документам эпохи и развитие аналитических навыков у старшеклассников. Документы, рассказывающие о жизни людей в нашем крае, более понятны и близки учащимся, чем отвлеченное изучение исторических событий. Документы Государственного архива Мурманской области в Кировске позволяют сделать нагляднее изучение российской истории. Мы можем использовать архивные материалы на уроках по истории России при изучении тем: «Сталинская модернизация страны», «Коллективизация сельского хозяйства», «Политическая система СССР в 1930-е годы», «Тыл в годы Великой Отечественной войны». Большое значение имеет рассмотрение архивных документов в вопросе о сталинской модернизации. Наш край в ходе её реализации стал одним из важнейших индустриальных регионов. Школьникам предлагается ряд документов о методах и формах организации грандиозного строительства города, треста «Апатит» и других объектов первых пятилеток. Интерес школьников, как правило, вызывают документы об организации труда строителей (обязательства по соцсоревнованию, агитационные плакаты), их повседневной жизни (быт, питание, жилье, общение, отдых, образование).

Не обойтись без архива и для раскрытия темы «Тыл в годы Великой Отечественной войны». Документы о Кировске и комбинате «Апатит» в годы войны помогают школьникам выяснить, как была организована эвакуация, какую продукцию выпускал комбинат, каков был быт, проблемы, какую помощь оказывали школьники. Исходя из опыта работы, заметим, что конкретизация общеисторических представлений на местных документальных материалах интересна большинству старшеклассников. Происходит это потому, что многие события приближены к школьникам через историю своей семьи. Архивные материалы можно использовать на школьных уроках не только в качестве дополнительного, их изучение может стать основой урока. Самый эффективный вид работы с документами можно организовать через практические занятия, разработав к ним вопросы и задания.

Проведение практикумов со старшеклассниками позволяет развить у них аналитические, исследовательские навыки, умение оценивать исторические события, вырабатывать и отстаивать собственные суждения, формировать навыки ведения дискуссии. Для проведения урока с использованием архивных документов мы отбираем необходимую информацию (статистика, биографические сведения, портреты первооткрывателей Хибин, фотографии города и промышленных объектов), оформляем её как дидактический раздаточный материал. Учителями-историками разработаны памятки по изучению исторических источников. Обращение к подлинным документам в ходе практикумов позволяет обучающимся увидеть детали исторического процесса, сформировать собственное мнение, сопоставив его с точкой зрения профессиональных историков в учебных пособиях. Незаменимую роль в проведении уроков играет книга [4],

---

[1] По материалам доклада на научно-практической конференции «Кировск и Апатиты. Малые города – большая история: работа с архивными, библиотечными, музейными документами по краеведению» в Государственном архиве Мурманской области в г. Кировске 24-25 октября 2011 г.

подготовленная специалистами Государственного архива Мурманской области в Кировске. Она имеет широкое практическое применение. Привлечение краеведческих документов к обучению обладает большим педагогическим потенциалом. Оно способствует знакомству с методами научного познания, углубленному изучению материала, приданию большей доказательности положениям и выводам, помогает сформировать учебную, предметную, социальную, информационную компетентность школьников.

Работа с подлинными архивными документами увлекает и завораживает ребят. Опыт показывает, что старшеклассники способны овладевать методикой исследования и с увлечением занимаются этой деятельностью, показывая высокие результаты. Стрелин Антон, выступая на областном конкурсе «Отечество мое – Кольская земля» с работой «Труд кировчан в годы Великой Отечественной войны», занял 2 место. Черняева Дарья с работой «История Родины. Судьба моей семьи» стала победительницей конкурса «Берег России». Интересное исследование на тему «Вклад школьников г. Кировска в победу над врагом в годы Великой Отечественной войны» провёл Попов Александр, занявший 1 место в городской конференции «Молодые исследователи Хибин» в номинации «Военная история. Великая Отечественная война. Дети и война» муниципального этапа регионального конкурса исследовательских работ обучающихся «Отечество». Все эти работы выполнены на основе подлинных архивных материалов. Но главное – не победы на конкурсах, а практика работы с документом, которая даёт обучающимся возможность почувствовать себя первооткрывателями. А это помогает выработать собственное мировоззрение, трудолюбие, настойчивость, кропотливость и целеустремленность.

Огромную помощь в проведении уроков и внеклассной работе оказывают специалисты архива г. Кировска. Ведущий специалист отдела использования архивных документов и информационно-поисковых систем Т.В. Пивоварова провела урок-презентацию в архиве для учащихся 9 кл. на тему «Рождение города в Хибинах». Учащиеся работали с фотодокументами, Постановлением ВЦИК об образовании города. Внеклассное интерактивное занятие «Города и люди. Связь времен», проведённый с учениками 9 кл., имело большое воспитательное значение. После этих уроков группа учащихся работала над проектом «Улицы пос. Кукисвумчорр: прошлое и настоящее». Это способствовало формированию познавательного интереса к изучению истории. Работы используются на уроках истории и внеклассных мероприятиях «Знаешь ли ты свой край?», «Их именами названы улицы», «Путешествие по станциям». Неоценимую помощь оказал архив при сборе материалов о Г.С. Пронченко, чьё имя носит школа. Материалы использованы в разработке внеклассного интегрированного занятия по истории и ОБЖ «Осторожно, лавины!»

При изучении курса «История градообразующего предприятия ОАО «Апатит» и спецкурса «Технология проектно-исследовательской деятельности учащихся» ученики наряду с получением знаний по истории края овладевают навыками исследования. В этом хорошие возможности нам предоставляет архив, в котором ребята приобретают навыки работы с архивными документами и научно-справочным аппаратом: каталогами и картотеками, путеводителями, описями, сборниками документов. Работа в архивах в ходе обучения истории способствует активизации учебно-познавательной, информационно-коммуникативной и рефлексивной деятельности. Включение в учебное занятие архивных данных помогает расширять и углублять историческое содержание нового и уже пройденного материала; формировать историческое сознание, критическое и историческое мышление, оценочные суждения; формировать навыки овладения и применения методов научного исследования.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Вяземский Е.Е. Методические рекомендации учителю истории. Основы профессионального мастерства. М.: Владос, 2000.
2. Вяземский Е.Е. Изучение истории на профильном уровне в современной школе. Сб. учебно-методических материалов. М.: Высшая школа, 2006.
3. Селевко Г.К. Современные образовательные технологии в работе с источниками на уроках истории. М.: Педагогический поиск, 1998.
4. Кировск в документах и фактах. 1920-1945 гг. Кировск: ОАО «Апатит», 2006.

Региональная геология, металлогения и геохронология

ПРИРОДНЫЕ КОКСЫ В ШУНГИТОНОСНЫХ ПОРОДАХ ОНЕЖСКОЙ СТРУКТУРЫ

Бискэ Н.С.

Институт геологии КарНЦРАН, Петрозаводск, nataliabiske@yandex.ru

Природные коксы образуются на контактах интрузий с пластами каменных углей любой стадии углефикации и известны во многих угольных бассейнах России и мира [3, 5, 9]. Мощность оторочек кокса обычно гораздо меньше мощности интрузии, вокруг которой они образуются, а зольность природных коксов значительно выше зольности углей, залегающих за пределами зоны коксования. Характерными особенностями природного кокса являются пористость и полигональная столбчатая отдельность. Под микроскопом натуральные коксы обнаруживают высокую отражательную способность и анизотропию, проявлением которой служат мозаичные микроструктуры, при крайней неоднородности оптических характеристик [5, 9]. Известно [6], что каменные угли низкой и средней степеней углефикации при нагревании в интервале температур 350-500 ^{o}C переходят в пластическое состояние и спекаются при температурах 500-600 ^{o}C, образуя твердый пористый полукокс, преобразующийся в кокс при дальнейшем повышении температуры. Коксование сопровождается выделением смолы и газа. Увеличение зольности ухудшает пластические свойства углей. Но имеет значение не столько общее содержание минеральных примесей, сколько их состав, размеры и характер распределения. Лабораторные испытания показали, что характеристики получаемого кокса (в том числе пористость, трещинноватость и оптические свойства) определяются режимом коксования (температура, скорость нагревания и удаления газообразных продуктов) и качеством исходного угля – прежде всего петрографическим составом и степенью углефикации.

Первое развернутое описание природных коксов в контактах высокоуглеродистых шунгитоносных пород с силлами габбро-долеритов дано в [2, 8], хотя отдельные особенности этих контактовых образований отмечались и ранее, а высокопористые «ноздреватые» разновидности шунгитоносных пород именовались «коксами» [1 и др.]. Развитие природных коксов в экзоконтактах базитовых интрузий зафиксировано нами в пределах многочисленных залежей высокоуглеродистых пород (Максовская, Зажогинская, Карнаволокская, Лебещинская, Залебяжская и др.), обладающих разным составом минеральной основы и расположенных на различных шунгитоносных горизонтах заонежской свиты людиковия (палеопротерозой). Эталонным объектом исследоваия послужило Максовское месторождение, в карьерах которого на протяжении более 100 м в кровле пологозалегающей, пластообразной интрузивной залежи аподолеритов и возле магмоподводящего канала вскрыта зона коксования мощностью до 3 м [2, 8]. Коксы темно-серые, матовые или со слабым металлическим блеском, обладают пористостью и характерной полигональной столбчатой отдельностью. В стенках карьера отчетливо просматриваются протяженные пологие трещины, разделяющие зону коксования на отдельные ряды высотой от 2-10 см (вблизи контакта) до 0.5-1 м (на удалении). Столбики в рядах несколько различаются размерами (от 0.3 до 5 см в поперечнике), правильностью формы (относительно шестигранной призмы) и ориентировкой. Столбики ориентированы перпендикулярно плоскости контакта. В связи с ее перегибами они изменяют угол наклона (от вертикального до субгоризонтального), плавно изгибаются, образуя веерообразные и сноповидные агрегаты. В контакте с базитами породы залежи нередко раздроблены или брекчированы, а в зоне шириной до 10 см, примыкающей к кровле силла, местами образуют темно-серую пористую или кавернозную массу. Ярко выраженная обильная пористость (до 40 % объема породы) характерна для коксов из непосредственного контакта с силлом. По мере удаления от него в коксе заметно уменьшается количество крупных (свыше 0.1 мм) пор, преобладающее развитие получают поры менее 0.1 мм. Признаки ококсования наблюдаются в ксенолитах и прожилках метасапропелитов в эндоконтактовой зоне. Многочисленные трещины, каверны и поры в коксе обычно заполнены антраксолитом и гидротермальными минералами (кварцем, сульфидами, слюдами и др.). Содержание углерода в коксах известных залежей колеблется от 20 до 60 %. Количество прожилков и обособлений антраксолита уменьшается по мере удаления от контакта. Под микроскопом в коксах нередко фиксируются признаки брекчиевидной, флюидальной и прожилковой текстур. Выделения и микропрожилки антраксолита обладают высокой анизотропией и обнаруживают мозаичные микроструктуры, сходные с микроструктурами нефтяных и пековых коксов. В основной массе кокса не удалось уверенно различить мозаичную микроструктуру, возможно, в связи с малым размером зерен – за пределами разрешающей способности оптического микроскопа. По степени совершенства молекулярной структуры изученные коксы не уступают природным коксам Тунгусского угольного бассейна [3], межслоевое

расстояние в них достигает значения, предельного для неграфитируемого углерода (0.342 нм). Степень углефикации органического вещества (ОВ) отвечает метаантрацитовой стадиии.

Таким образом, изученные нами природные коксы по основным признакам обладают значительным сходством с природными каменноугольными коксами фанерозоя. Следует иметь в виду, что природное коксование представляет собой сложный процесс, конечные продукты которого определяются взаимодействием разных геологических факторов, к которым наряду с типом органического вещества, составом, степенью углефикации и теплофизическими свойствами угля, относят также строение разреза, размеры, форму, глубину залегания и положение контактов магматического тела, температуру магмы и режим остывания интрузии, литостатическое и флюидальное давление, а также давление магматического расплава и т.п. Основными факторами природного коксования принято считать высокую температуру и скорость прогрева при давлении, не препятствующем удалению продуктов деструкции [3]. Скачок углефикации, с которым связывают приобретение углями свойства спекаемости, отвечает температуре около 100 ^{o}C (степень углефикации каменных углей Д) и близко совпадает с началом главной фазы нефтеобразования (ГФН). По данным разных исследователей, верхняя граница находится на глубине 2-3 км [4], что соответствует гипабиссальным условиям становления базитовых интрузий. Глубина размещения зоны может быть оценена весьма ориентировочно, т.к. на степень углефикации наряду с геотермическим режимом оказывает влияние ряд других факторов (тип ОВ, строение разреза, флюидодинамический режим и т.д.). Фиксируемое в контактовых зонах долеритов обилие и морфологическое разнообразие углеродистых веществ, значительная часть которых представляет собой продукты крекинга и пиролиза сапропелитов, позволяет предположить, что на момент внедрения силлов обогащенные органическим веществом породы заонежской свиты не прошли ГФН, хотя и генерировали заметное количество жидких углеводородов. Вместе с тем, сапропелиты Максовской и других купольных залежей Онежской структуры к этому времени представляли собой каменные угли, т.е. были заметно литифицированы. Согласно [7], купольные залежи рассматриваются как диапиры, сформировавшиеся по механизму складок нагнетания. По-видимому, их формирование происходило в режиме сжатия в начальный этап прогибания палеобассейна. Внедрение силлов заонежского магматического комплекса отвечало режиму растяжения и было более поздним. Интрудируя черносланцевые толщи, силлы способствовали деформации и преобразованию залежей высокоуглеродистых пород.

Коксы по сапропелитам Онежской структуры представляют собой уникальный геологический объект, являясь самыми древними из известных в настоящее время природных каменноугольных коксов. Помимо этого, они заслуживают изучения как углеродное сырье со специфическими свойствами, запасы которого, если принять во внимание парагенетическую связь силлов габбро-долеритов с шунгитоносными породами заонежской свиты, могут оказаться довольно значительными. Присутствие натуральных коксов в экзоконтактах базитов позволяет: 1) установить интрузивную природу пластовых тел, что весьма актуально для долеритов заонежского магматического комплкса, имеющих обычно недифференцированное или слабо дифференцированное строение; 2) получить представление о степени углефикации сапропелитов к моменту внедрения магмы и тем самым о глубине становления силлов; 3) уточнить время формирования шунгитоносных купольных структур.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Атлас текстур и структур шунгитоносных пород Онежского синклинория / Ред. М.М. Филиппов, В.А. Мележик. Петрозаводск: Изд-во КНЦ РАН, 2006. 80 с.
2. Бискэ Н.С. Природные коксы в залежах максовитов, Карелия, Заонежский п-ов // Минерагения докембрия. Петрозаводск: Изд-во КарНЦ РАН, 2009. С. 15-18.
3. Гаврилова О.Н., Волкова Г.М., Гуревич А.Б. О природных коксах в угольных пластах Тунгусского бассейна // Литология и полезные ископаемые. 1985. № 5. С. 133-137.
4. Геология и геохимия нефти и газа / Ред. Б.А. Соколов. М.: Изд-во МГУ, 2000. 384 с.
5. Петрологический атлас ископаемого органического вещества России / Ред. В.И. Гинцбург, Т.С. Лысенко. СПб.: СПбГУ, 2006. 606 с.
6. Русьянова Н.Д. Углехимия. М.: Наука, 2003. 316 с.
7. Филиппов М.М. Шунгитоносные породы Онежской структуры. Петрозаводск: Изд-во КарНЦ РАН, 2002. 282 с.
8. Филиппов М.М., Бискэ Н.С., Первунина А.В. и др. Сопоставление известных и новых данных о геологическом строении Максовского месторождения шунгитоносных пород // Геология и полезные ископаемые Карелии Вып. 12. Петрозаводск: Изд-во КарНЦ РАН, 2009. С. 130-142.
9. Штах Э., Маковски М.Т., Тейхмюллер М. и др. Петрология углей. М.: Мир, 1978. 554 с.

ЭТАПЫ ФОРМИРОВАНИЯ ТОНАЛИТ-ТРОНДЬЕМИТ-ГРАНОДИОРИТОВЫХ ГНЕЙСОВ СЕВЕРНОЙ ЧАСТИ БАЛТИЙСКОГО ЩИТА

Ветрин В.Р.[1], Родионов Н.В.[2], Серов П.А.[1]

[1] ГИ КНЦ РАН, Апатиты, vetrin@geoksc.apatity.ru

[2] ЦИИ ВСЕГЕИ, Санкт-Петербург, Nickolay_Rodionov@vsegei.ru

В составе ранней континентальной коры существенную роль играют гнейсы тоналит-трондьемит-гранодиоритового (ТТГ) состава, известные также под названием тоналитовых или «серых» гнейсов. К характерным чертам химического состава преобладающей части этих пород относятся высокие концентрации Na_2O, Al_2O_3, Sr, низкое содержание K_2O, существенное фракционирование РЗЭ ($(La/Yb)_n$ = 30-40 до 150) при отсутствии или слабо выраженной отрицательной Eu аномалии, низкие концентрации высокозарядных элементов: Nb, Ta, Y, Ti, P и Sc [17-19]. Образование исходных магм ТТГ ассоциаций предполагается в результате парциального плавления базальтов в зонах субдукции [17], плавления утолщенной нижней коры [20], древних «серых гнейсов» [21] или кристаллизационной дифференциации базальтовой магмы. В северной части Балтийского щита нами, учитывая результаты предшествующих исследований [5, 7-10, 13-16], характеризуются гранитоиды ТТГ ассоциации и ассоциирующие с ними метаэффузивы, формировавшиеся в этапы 2.92-2.99; 2.80-2.83; 2.70-2.77; 2.66-2.68 и 1.94-1.95 млрд. лет. Датирование цирконов выполнено в ЦИИ ВСЕГЕИ (г. Санкт-Петербург) на вторично-ионном микроанализаторе SHRIMP-II, определение элементов-примесей – методом ICP-MS в ИМГРЭ (г. Москва), изотопного состава Nd – в ГИ КНЦ РАН (г. Апатиты). Показано уменьшение масштабов формирования ТТГ при усилении процессов рециклинга коры в интервале от мезоархея к палеопротерозою.

Наиболее древние ортогнейсы гиперстен-биотит-плагиоклазового состава изучены в СЗ части Кольско-Норвежского мегаблока, где они образуют изометричные выходы среди глиноземистых гнейсов и имеют с ними согласные, осложненные поздними тектоническими нарушениями контакты [15]. Ортогнейсы представляют собой отчетливо полосчатые гнейсовидные породы, состоящие из чередующихся прослоев мезо-лейкократовых эндербитов, содержащих пласты и линзы двупироксеновых кристаллосланцев и амфиболитов, и пересекаются жилами гранитов и пегматитов. Включения основного состава характеризуются равновесной минеральной ассоциацией клинопироксен-ортопироксен-роговая обманка-плагиоклаз, соответствующей гранулитовой фации регионального метаморфизма. Они имеют массив-

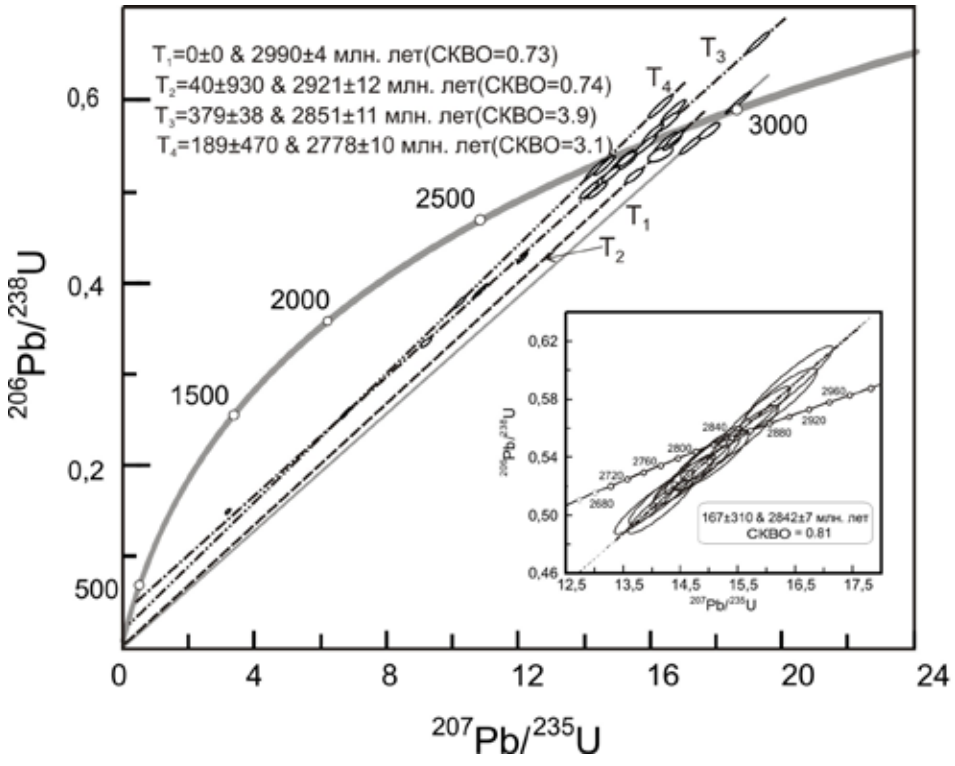


Рис. 1. Диаграмма с конкордией для цирконов из эндербитов. Во врезке – диаграмма для конкордантных и близких к конкордантным значениям дискордии T_3.

ную или гнейсовидную текстуру с образованием поздних амфиболов актинолит-тремолитового ряда и зеленовато-бурого биотита. Эндербиты находятся в поле стандартных составов «серых гнейсов» и имеют фракционированный или сильно фракционированный состав РЗЭ ($(La/Yb)_n$ =13-104). Цирконы из эндербитов представлены призматическими кристаллами размером 0,01-0,5 мм, коричневато-бурого цвета, полупрозрачными, часто с округленными ребрами и концевыми гранями. На диаграмме с конкордией (рис. 1) точки составов цирконов аппроксимируются четырьмя дискордиями с верхними пересечениями (млн. лет), соответственно, в 2990±4 (3 точки), 2921±12 (6), 2851±11 (21), 2778±10 (3). Эти данные, учитывая результаты изучения геологии, состава пород, морфологии кристаллов и состава цирконов интерпретированы как возраст двух ранних магматических событий при образовании протолита эндербитов, и время проявления двух этапов метаморфизма – гранулитовой и амфиболитовой фаций, сопровождавшихся частичным плавлением эндербитов. Отнесение цирконов к двум дискретным магматическим событиям с возрастами 2990±4 и 2921±12 млн. лет подтверждается различным содержанием в цирконах U и Th (средние 464 и 296 ppm U и 212 и 121 ppm Th). Модельный возраст $T_{Nd}(DM)$ эндербитов и включений кристаллосланцев составляет 3.0-3.2 и 3.1-3.3 млрд. лет, εNd(T) эндербитов колеблется от 2.0 до -0.4. Приведенные данные, а также результаты изучения гнейсов кольской серии [6] свидетельствуют, что на момент внедрения мезоархейских протолитов ортогнейсов в регионе существовала ранняя континентальная кора, а также о более древнем возрасте протолитов части ортогнейсов относительно глиноземистых гнейсов кольской серии ($T_{Nd}(DM)$= 2.9-3.1 млрд. лет, рис. 2).

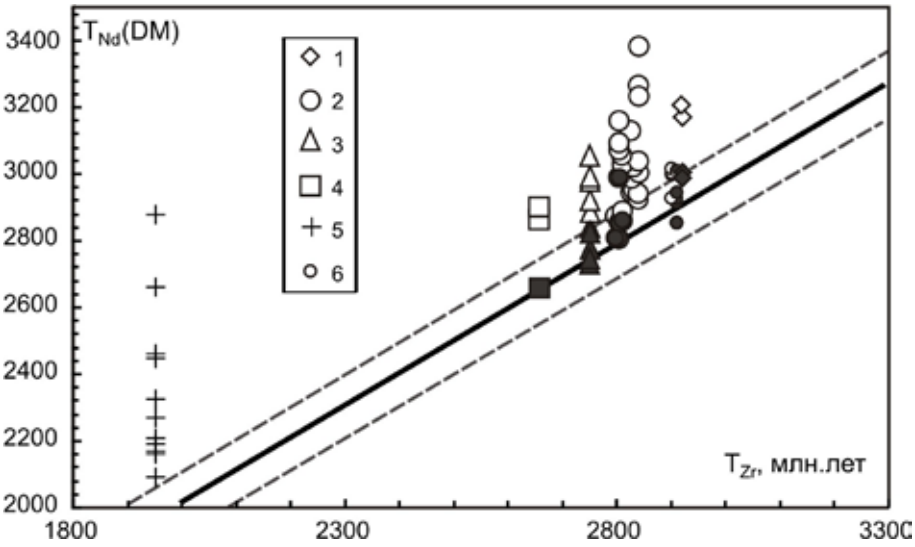


Рис. 2. Диаграмма в координатах «T_{Zr}, млн. лет– T_{Nd} (DM), млн. лет». Сплошная линия на графике – линия равных значений возраста T_{Zr} и $T_{Nd}(DM)$, млн. лет. Пунктирные линии – области погрешностей определения $T_{Nd}(DM)$ ±100 млн. лет. 1-5 – ТТГ-гнейсы мезоархейского-палеопротерозойского возрастов. Залитые значки – породы с «мантийным» значениями $\varepsilon_{Nd}(T)$ (≥2, ≥3 и ≥6 для мезоархейских, неоархейских и палеопротерозойских пород), не залитые значки – породы с $\varepsilon_{Nd}(T)$ меньше указанных выше значений, 6 – гнейсы кольской серии.

Тоналитовые гнейсы возрастного этапа 2.80-2.83 млрд. лет входят в состав неоархейской гранит-зеленокаменной области в восточной части блока Инари, Беломорском подвижном поясе [10] и СЗ части Кольско-Норвежского блока. Эти породы изучены в фундаменте палеопротерозойской Печенгской структуры, вскрытом Кольской сверхглубокой скважиной СГ-3 и обнаженном на поверхности в СЗ обрамлении Печенги [2], а также на границе Кольско-Норвежского блока с Беломорским подвижным поясом (полигон Воче-Ламбина [5]). Такой же возраст (2830±70 млн. лет [1]) определен для эндербитов массива Веже-тундра в центральной части Кольско-Норвежского блока. В разрезе архейского фундамента Печенгской структуры метавулканитами дацит-плагиориодацитового состава сложено около 45 % объема пород. Возраст кристаллизации метавулканитов от верхней к нижней частям разреза скважины увеличивается от 2798±12 до 2830±10 млн. лет [11]. С северо-запада вмещающими породами для Печенгской структуры являются неоархейские тоналит-трондьемитовые комплексы (~ 80-90 %) с прослоями глиноземистых гнейсов и расположенные среди них реликты зеленокаменных поясов. U- Pb возраст цирконов из тоналитовых гней-

сов обрамления Печенги определен в 2.8-2.84 млрд. лет, время метаморфизма – в 2.7-2.76 млрд. лет [16]. По содержанию главных, редких и редкоземельных элементов среди рассматриваемых пород выделены гнейсы двух (в разрезе СГ-3) или трех (в обрамлении скважины) геохимических типов, формирование которых определялось составом субстата, степенью его плавления и P-T условиями образования расплавов [2]. Величина εNd(T) в тоналитовых гнейсах колеблется от 3.9 до -3.3 и T_{Nd}(DM) до 3.38 млрд. лет (рис. 2), что указывает на присутствие в составе их протолитов вещества палеоархейского возраста. Анализ пространственного расположения и состава тоналитовых гнейсов в разрезе СГ-3 и ее окружения позволяет интерпретировать их формирование в геодинамических обстановках активной континентальной окраины – в краевой зоне террейна, образованного породами кольской серии.

«Серые гнейсы» возраста 2.70-2.77 млрд. лет образуют значительную часть Мурманского мегаблока, Беломорского подвижного пояса [10], а также распространены в центральной и восточной частях Кольско-Норвежского мегаблока, где они пространственно ассоциируют с глиноземистыми гнейсами кольской серии. Гранитоиды метаморфизованы в условиях амфиболитовой и гранулитовой фаций, что в пределах Кольско-Норвежского блока проявлено в чередовании полос тоналит-трондьемитового и эндербитового составов, имеющих СЗ простирание. Время образования (2747±5 млн. лет, СКВО=0.68, n=6) и близкий к этому возраст метаморфизма амфиболитовой фации (2746±7 млн. лет, СКВО=2.8, n=6) определены U-Pb методом по внутренним и внешним частям цирконов из амфибол-биотитовых тоналитов в верхнем течении р. Вороньей (рис. 3).

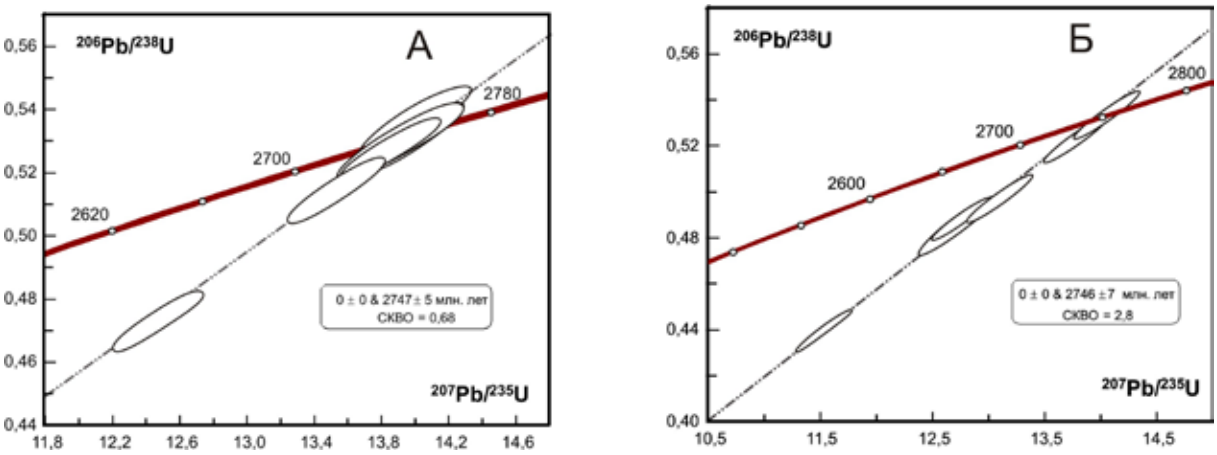


Рис. 3. Диаграммы с конкордией для цирконов из тоналитовых гнейсов р. Вороньей. А – ядра кристаллов, Б – оболочки зерен.

Сходные возраста тоналитовых гнейсов восточной части Мурманского блока (2748±7; 2771±10) и эндербитов Канентъяврского массива (2772±7) приведены в [4]. В Терско-Стрельнинском блоке возраст тоналитов определен в 2722±18 и 2692±19 млн. лет [14]. Среди тоналитовых гнейсов района р. Вороньей выделены два геохимических типа, различающихся по концентрациям элементов примесей и изотопным характеристикам (рис. 4). Наиболее распространенные гнейсы типа А имеют умеренно фракционированные спектры РЗЭ ($(La/Yb)_n$ = 20-49, Yb_n = 2-4) с отрицательной Eu аномалией (Eu* = 0.67-0.87), повышенные значения εNd(T) = 1.2-4.7 и T_{Nd}(DM) = 2.73-2.92 млрд. лет. Гнейсы типа Б содержат более высокие концентрации Fe, Mn, Ti, РЗЭ, ВЗЭ (Zr, Hf, Nb, Ta, Y), элементов группы железа (V, Cr, Co, Cu, Zn). Для них характерно слабо фракционированное распределение РЗЭ ($(La/Yb)_n$ = 8-16, Yb_n = 9-22, Eu* = 0.37-0.75), εNd(T) = 0.5- 1.1 и T_{Nd}(DM) = 2.99-3.06 млрд. лет. Образование этих гнейсов предполагается за счет плавления деплетированного редкими элементами протолита основного состава с возрастом ~ 2.75 млрд. лет (тип А) и более древнего источника, имевшего в составе протолита вещество мезоархейского возраста, обогащенное РЗЭ, элементами группы железа и ВЗЭ (тип Б).

Эндербиты тоналит-гранодиоритового и кварцдиоритового составов с возрастами 2.66-2.68 млн. лет образуют массив размером около 40 км^2 в районе оз. Б. Энгозеро [7], а также ряд небольших по площади массивов в районе оз. Чудзъявр [12] и к югу и юго-западу от г. Мурманска. Внедрение эндербитов происходило между двумя этапами метаморфизма – более раннего гранулитовой фации с возрастом 2724±49 млн. лет, и позднего амфиболитовой фации, датированного в 2568±10 млн. лет [7]. Эндербиты характеризуются резко неравномерным распределением редких элементов и варьирующей ве-

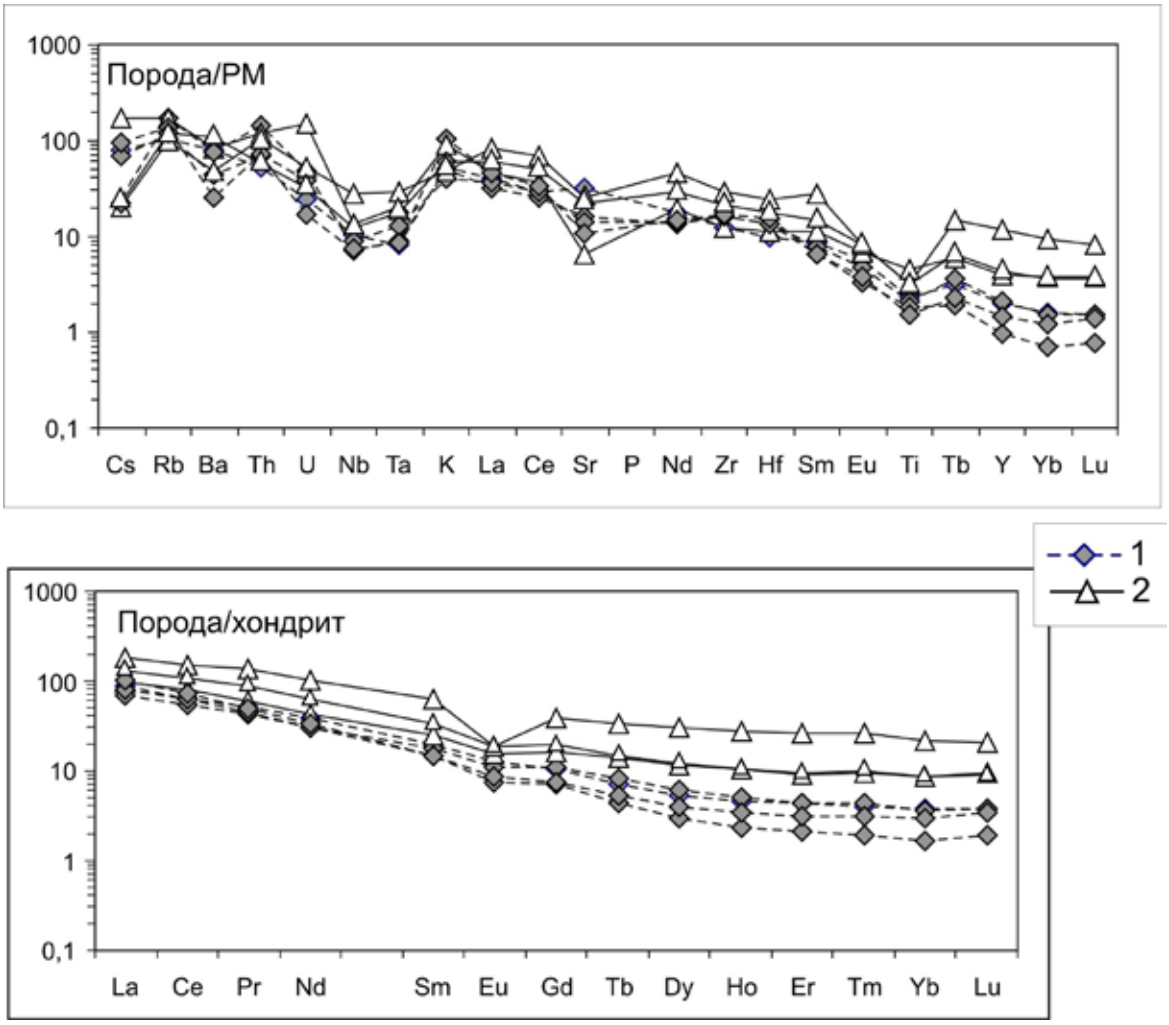


Рис. 4. Мультиэлементные кривые распределения редких и редкоземельных элементов в тоналитовых гнейсах, нормированных к примитивной мантии и хондриту. 1 – гнейсы типа А, 2 – гнейсы типа Б.

личиной изотопных характеристик (εNd(T) от 4.22 до 0.57 и T_{Nd}(DM) от 2.66 до 2.92 млрд. лет, рис. 2). Для образца с наиболее «мантийными» изотопными характеристиками (εNd(T) = 4.22, T_{Nd}(DM) = 2.66 млрд. лет) отмечается минимальное содержание всех редких элементов по сравнению с другими образцами, обогащенными как Rb, Ba, U, так и редкоземельными и высокозарядными элементами, что может быть интерпретировано контаминацией исходных расплавов веществом мезоархейской коры.

Палеопротерозойскими гранитоидами диорит-гранодиорит-тоналит-трондьемитового составов образованы массивы гранитоидов каскельяврского комплекса, занимающие площадь около 400 км^2 и расположенные среди вулканогенно-осадочных пород блока Инари на границе с Южной зоной Печенгской структуры [3]. Массивы сложены гранитоидами двух интрузивных фаз. К 1-й фазе с возрастом 1950±10 млн. лет относятся преобладающие амфибол-биотитовые и амфиболовые кварцевые диориты, диориты и тоналиты. Гранитоиды 2-ой фазы (Т=1939±7 млн. лет [9]) представлены биотитовыми гранодиоритами и трондьемитами, которые образуют массивы и жильные тела в кварцевых диоритах и породах рамы. Особенности распределения главных и рассеянных элементов делают схожими гранитоиды 1-й фазы с адакитами, образование которых происходило в субдукционных обстановках при формировании островных дуг и активных континентальных окраин. Модельный возраст (T_{Nd}(DM)) большинства пород 1-й фазы составляет 2.1-2.3 млрд. лет и определяет короткое время нахождения протолита в коре. Гранитоидам 2-й фазы свойственны более высокие значения T_{Nd}(DM) в пределах 2.4-2.7 млрд. лет. Величина εNd(T) изменяется от положительных значений для кварцевых диоритов (0.9-4.0) до отрицательных (-0.7– -1.5) для пород второй фазы, что позволяет предполагать изменение состава исходного расплава в результате ассимиляции вещества архейской коры или смешения основного расплава с кислым, образованным при плавлении коры. Этими же причинами было обусловлено образование «длинных» гранитоидных серий, по составу варьирующих от

диоритов до гранодиоритов и лейкотрондьемитов, образование которых определялось главным образом процессом кристаллизационной дифференциации с фракционированием амфибола, плагиоклаза и акцессорных минералов.

Как следует из приведенных данных, наибольший объем протолитов ТТГ гнейсов региона был образован в начале и середине неоархейской эры, с уменьшением масштаба формирования этих пород к концу неоархея и началу палеопротерозоя. Формирование коры в мезо- и неоархее происходило при внедрении ювенильных расплавов ТТГ составов и сопровождалось процессами рециклинга континентальной коры с участием мезо- и палеоархейского вещества в составе протолитов «серых гнейсов». Изотопные характеристики палеопротерозойских гранитоидов в значительной степени определялись наличием в их расплавах вещества мезо- и неоархейского возрастов, количество которого в гранитоидах 2-й фазы достигало 60-80 % [3]. Усиление процессов рециклинга от древних к более молодым гранитам отмечалось ранее как характерная черта формирования континентальной коры Земли [12].

Авторы признательны А.А. Кременецкому (ИМГРЭ, г. Москва), Ф.Ф. Горбацевичу и М.В. Ковалевскому (ГИ КНЦ РАН, г. Апатиты) за активное содействие в проведении исследований.

Данная работа является вкладом в проекты РФФИ-10-05-00082-а, 11-05-12012-офи_м-2011, 10-05-00058-а, 11-05-00570-а, МОиН РФ (ГК 16.515.11.5013).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бибикова Е.В. Уран-свинцовая геохронология ранних этапов развития древних щитов. М.: Наука, 1989. 179 с.
2. Ветрин В.Р., Туркина О.М., Ладден Дж. и др. Геохимия и реконструкция состава протолитов фундамента Печенгского палеорифта // Петрология. 2003. Т. 11. № 2. С. 196-224.
3. Ветрин В.Р., Туркина О.М., Родионов Н.В. U-Pb возраст и условия формирования гранитоидов южного обрамления Печенгской структуры, Балтийский щит // Докл. АН. 2008. Т. 418. № 6. С. 806-810.
4. Козлов Н.Е., Сорохтин Н.О., Глазнев В.Н. и др. Геология архея Балтийского щита. С-Пб.: Наука, 2006. 329 с.
5. Морозова Л.Н., Митрофанов Ф.П., Баянова Т.Б. и др. Гомологи архейских пород разреза Кольской сверхглубокой скважины в северной части Беломорского подвижного пояса (полигон Воче-Ламбина) // Докл. АН. 2012. Т. 442. № 2. С. 215-218.
6. Мыскова Т.А., Бережная Н.Г., Глебовицкий В.А. и др. Находки древнейших цирконов с возрастом 3600 млн. лет в гнейсах кольской серии Центрально-Кольского блока Балтийского щита (U-Pb, SHRIMP-II) // Докл. АН. 2005. Т. 402. № 1. С. 82-86.
7. Петровская Л.С., Митрофанов Ф.П., Баянова Т.Б. и др. Неоархейский эндербит-гранулитовый комплекс района Пулозеро-Полнек-тундра Центрально-Кольского блока: этапы и термодинамические режимы развития, Кольский п-ов. Апатиты: Изд-во КНЦ РАН, 2010. 78 с.
8. Радченко А.Т., Балаганский В.В., Басалаев А.А. и др. Объяснительная записка к геологической карте СВ части Балтийского щита м-ба 1:500 000. Апатиты: Изд-во КНЦ РАН, 1994. 95 с.
9. Скуфьин П.К., Баянова Т.Б., Митрофанов Ф.П. и др. Абсолютный возраст гранитоидов Шуонияврского массива из южного обрамления Печенгской структуры, Кольский п-ов // Докл. АН. 2000. Т. 170. № 2. С. 227-230.
10. Слабунов А.И., Лобач-Жученко С.Б. Бибикова Е.В. и др. Архей Балтийского щита: геология, геохронология, геодинамические обстановки // Геотектоника. 2006. № 6. С. 3-32.
11. Чупин В.П., Ветрин В.Р., Родионов Н.В.и др. Состав расплавных включений и возраст цирконов из плагиогнейсов архейского комплекса Кольской сверхглубокой скважины, Балтийский щит // Докл. АН. 2006. Т. 406. № 4. С. 533-537.
12. Allegre C.J. Isotope geology. Cambridge University press, 2008. 512 p.
13. Balashov Y.A., Mitrofanov F.P., Balagansky V.V. New geochronological data on Archaean rocks of the Kola Peninsula. Correlation of Precambrian formations of the Kola-Karelian region and Finland. Apatity, 1992. P 13-34.
14. Daly J.S., Balagansky V.V., Timmerman M.J. et al. Ion microprobe U-Pb zircon geochronology and isotopic evidence supporting a trans-crustal suture in the Lapland-Kola Orogen, northern Fennoscandian Shield // Precambr. Res. 2001. V 105. P 289-314.
15. Dobrzhinetskaya L.F., Nordgulen Ø.,Vetrin V.R. et al. Correlation of the Archaean rocks between the Sørvaranger area, Norway, and the Kola Peninsula, Russia (Baltic Shield) // Geol. Unders. Spec. Publ. 1995, N 7. P 7-28.

16. Levchenkov O.A., Levsky L.K., Nordgulen Ø. et al. U-Pb zircon ages from Sörvaranger, Norway and the western part of the Kola Peninsula, Russia // Nor. Geol. Unders. Spec. Publ. 1995. V 7. P 29-47.
17. Martin H. The Archaean grey gneisses and the genesis of continental crust // Archaean Crustal Evolution. Amsterdam: Elsevier, 1994. P 205-259.
18. Martin H., Smithies R.H., Rapp R. et al. An overview of adakite, tonalite-trondhjemite-granodiorite (TTG), and sanukitoid: relationships and some implications for crustal evolution // Lithos. 2005. V 79. P 1-24.
19. Rapp R.P., Watson E.B. Dehydratation melting of metabasalt at 8-32 kbar: Implication for continental growth and crust-mantle recycling // J. Petrol. 1995. V 36. P 891-931.
20. Smithies R.H. The Archaean tonalite-trondhjemite-granodiorite (TTG) series is not an analogue of Cenozoic adakite // Earth Planet. Sci. Lett. 2000. V 182. P 115-125.
21. Whalen J.B., Percival A., McNicoll V.J., Longstaffe F.J. A mainly crustal origin for tonalitic granitoid rocks, Superior province, Canada: implications for Late Archean tectonomarmatic processes // J. Petrol. 2002. V 43. P 1551-1570.

ПОТЕНЦИАЛ КОЛЬСКОГО ПОЛУОСТРОВА НА КВАРЦЕВОЕ СЫРЬЁ

Данилевская Л.А.
ИГ КарНЦ РАН, Петрозаводск, danilevs@krc.karelia.ru

Кольский п-ов является частью Карело-Кольской кварценосной провинции, одной из четырех на территории России. В настоящее время на его территории балансом запасов учтено 2 месторождения кварцитов (для производства флюсов кат. А+В+$С_1$ 7.5 млн. т, кат. $С_2$ 0.8 млн. т) – Рижгубское и Вуручанвенч и одно месторождение мусковит-керамических пегматитов – Риколатвинское, на котором учтены запасы жильного кварца как попунтого компонента (кат. $С_1$ 16 тыс. т. и кат. $С_2$ 32 тыс. т). Кроме того, запасы кварца учтены на техногенном месторождении Отвалы рудника Риколатва (кат. $С_2$ 50 тыс. т) [3].

Ревизионно-оценочные работы по отвалам месторождения мусковит-керамических пегматитов Риколатва в конце 1995-97 гг., и технологическое опробование в 2001 г. показали, что кварц из отвалов соответствует сортам плавочного кварца по ТУ-97. Суммарные содержания элементов-примесей (по основным элементам) в концентратах из стекловидного кварца варьируют от 29.3 до 46.9, в среднем 34.6 ppm [9]. Кроме того, в качестве перспективного объекта можно выделить мусковит-керамические пегматиты месторождения Слюда в Енском районе. По предварительным данным, этот кварц по минералого-технологическим особенностям близок к кварцу Риколатвы.

Проводившиеся в 1970-80 х гг. поисково-разведочные работы на кварцевое сырье для плавки в Енском и Кандалакшском районах, а также в районе Кейв выявили несколько перспективных площадей. Наиболее перспективными признаны Енское и Кейвское поля [2, 8 и др.]. В ходе поисковых и разведочных работ выделено и оценено месторождение жильного гранулированного кварца Перчатка с запасами по западному флангу месторождения: по $С_1$ 46.6 тыс. т, $С_2$ 14.1 тыс. т [5, 7]. Но неоднородность кварцевого сырья, несмотря на добычу в 1988-1992 гг., а также несоответствие возросшим требованиям стали причиной прекращения его разработки.

В Институте геологии КарНЦ РАН в последнее время проводились минералого-технологические исследования кварца месторождения Перчатка, основанные на комплексной оценке месторождения, включая и минерализованные разности кварца, минуя стадию ручной рудоразборки, которая дает значительные потери (до 70 %) уже на начальном этапе добычи. Предварительное обогащение кварца с использованием стандартных методов (магнитная сепарация и выщелачивание) показало, что значительные вариации содержания элементов-примесей в концентратах (от 76 до 390, в среднем 200 ppm) связаны с присутствием неудалившихся микровключений минералов в различных разновидностях кварца данного месторождения [4].

В результате лабораторных технологических исследований по глубокому обогащению кварца двух разновидностей – гранулированного и интенсивно катаклазированного из зоны трещиноватости (по 2 пробам), сделан вывод о возможности значительного снижения содержания элементов-примесей. Получены концентраты, близкие по суммарным содержаниям примесей, с некоторыми расхождениями по отдельным элементам, что связанно с особенностями минерализации в каждом типе кварца (табл. 1). Перспективы освоения месторождения Перчатка необходимо связывать с дальнейшими технологическими исследова-

ниями по разработке единой схемы технологической переработки сырья без операций ручной рудоразборки с получением кварцевых продуктов различного качества и разного назначения.

Таблица 1. Содержание элементов-примесей в кварцевых концентратах месторождения Перчатка после глубокого обогащения, ppm.

Разновидность кварца	Ti	Fe	Al	Zr	Mn	Cu	Zn	B	Ni	Cr	Ca	Mg	Na	K	Li	P	Сумма
Катаклази-рованный	2.2	0.74	14	0.04	0.04	0.01	0.01	0.32	0.02	0.02	9	0.2	1.1	1.3	2.2	0.1	31.3
Гранулированный	2.6	0.04	24	0.044	0.01	0.01	0.019	0.29	0.01	0.01	0.7	0.18	1.9	1.5	3.5	0.1	34.913

Анализы выполнены в лаборатории Курчатовского института (г. Москва) методом ICP MS.

В пределах Енского поля по фондовым материалам выявлено около 200 кварцевых жил, все – небольшого размера (мощность 0.5-2 до 15-20, длина 10-30, редко до 80-100 м) [9]. Поисково-оценочные работы в пределах района показали, что повышенная кварценосность отмечается в СВ и ЮЗ бортах Енской структуры, преимущественно на площади развития глиноземистых гнейсов и контактов с породами амфиболито-гнейсового комплекса. Наиболее перспективные участки: «Нора» в 7 км к ЮВ от п. Слюда, и «Кайта» в 50 км к западу от Кандалакши и 45 км к СВ от Алакуртти. Технологические испытания на единичных пробах показали, что возможно получение концентратов с суммарным содержанием элементов-примесей 27-28 ppm. Общие прогнозные ресурсы по Енскому району по категорриям P_1+P_2 составляют 379 тыс. т [9]. Для выявления перспектив использования кварцевого сырья района необходимо проведение поисково-оценочных работ и детальных исследований, направленных на выявление минералого-технологических особенностей сырья на наиболее перспективных участках, с учетом различных типов кварца (стекловидный, молочно-белый).

По данным поисково-разведочных работ 1990-х гг. Кейвский район признан наиболее перспективным на жильный кварц для плавки. Выделены четыре кварцевожильных поля: Семиостровское, Выхчуртское, Червуртское и Боллоуртинское, три из которых (кроме Выхчуртского) отмечены как перспективные на высококачественный жильный кварц [6]. Общие прогнозные ресурсы кварца: по кат. P_1 205.4 тыс. т, P_2 560.5 тыс. т. Но кварц не добывался. Проблемы с освоением района на кварц связаны с удаленностью и неоднородностью сырья. Выявлено несколько разновидностей кварца на данной площади: гранулированный, стекловидный, рекристаллизованый, молочно-белый. Жильный кварц варьирует по минералого-технологическим особенностям, содержанию элементов-примесей не только в различных типах, но и в пределах одного типа по разным жилам, что может значительно затруднять подбор технологий его переработки. По данным фондовых материалов, содержания примесей в кварцевых концентратах, полученных после полной схемы обогащения кварца одного типа, но из разных жил, могут варьировать в несколько раз (до 60 по Al), особенно по концентрациям Al, Ti, Na, Ca, K.

Предварительные минералого-технологические исследования кварца проведены на некоторых участках в пределах Б. Кейв (Семиостровское, Боллоуртинское поля) и Малых Кейв (уч. Маягино). Изучен кварц нескольких типов: гранулированный полупрозрачный, рекристаллизованный с зачатками грануляции, полупрозрачный крупнозернистый, молочно-белый. Петрографическое изучение показало, что пластические деформации в кварце проявлены интенсивно: пластинки и полосы деформации, брусковидное и линейное блокование, неясноблоковое погасание. Основной минеральной примесью в кварце является мусковит по трещинкам, микротрещинкам и зонам дислокаций. Кроме того, в разных жилах присутствуют биотит, хлорит, сульфиды. Характерной особенностью практически всех типов кварца изученных жил является наличие рутиловых иголок внутри зерен кварца, за исключением гранулированного кварца уч. Маягино. В кварцевых концентратах предварительного обогащения наблюдаются повышенные содержания Ti, особенно для кварца г. Песцовая Кейва. Концентрации Ti при этом практически не уменьшаются и после операций глубокого обогащения. Хотя в целом содержание элементов-примесей уменьшается в 2-5 раз. Наиболее легкообогатимым можно считать кварц уч. Маягино.

В пределах Кейвской структуры широко распространены кианитовые сланцы, образованные в результате полиметаморфизма осадочных толщ и прослеживающиеся в виде узкой полосы более чем на 100 км [1]. Разведано несколько месторождений на кианит как перспективный вид сырья для производства силумина,

огнеупоров и глинозема, но перспективы использования кварцевого сырья как попутного компонента при комплексной разработке не рассматривались. Но кварц составляет 50-70 % породы. Наряду с кианитовыми сланцами, интерес могут представлять мусковитовые кварциты (пачка В) центральных и западных Кейв, содержание кварца в которых составляет 85-90 %, а также метасоматические сланцы с голубым кианитом, которые образуют вытянутые линзы на контактах кварцитов и гранат-ставролитовых сланцев, содержание кварца достигает 70 % [1].

Мусковитовые кварциты песцовотундровской свиты хр. Серповидного (Б. Кейвы) по минеральному составу довольно однородны. В качестве второстепенных минералов, кроме мусковита, породы содержат К-полевой шпат, плагиоклаз, иногда хлорит, которые развиты по границам зерен кварца вместе с мусковитом и по микротрещинам внутри зерен. В качестве акцессорных наблюдаются рутил, эпидот, циркон, титанит, пирит и апатит. Предварительное обогащение пород с использованием стандартных операций показали, что возможно значительное очищение кварца от примесей (табл. 2).

Таблица 2. Содержание элементов-примесей в кварцевых концентратах из мусковитовых кварцитов после предварительного обогащения, ppm.

Фракция, мм	Fe	Ti	Al	Mn	B	Mg	Ca	Cu	K	Na	Li	Ge	P	Сумма
0.2-0.05	33	70	1400	3.9	5.4	8	22	1	1100	310	1.2	0.6	9.3	2964.4
0.315-0.1	41	30	2700	1.2	0.52	8.6	9.5	0.13	1300	150	0.93	0.9	3.5	4246.28

Анализы выполнены в лаборатории Курчатовского института (г. Москва) методом ICP MS.

Кварцевые концентраты после предварительного обогащения удовлетворяют требованиям компании «Элкем» для производства ферросилиция (марки Std FerroSilicon и HP FeSi-low P and B). Получение высокочистых кварцевых концентратов из данных пород может быть осложнено присутствием включений мусковита и К-полевого шпата микронных размеров внутри зерен кварца.

Таким образом, Кольский п-ов является перспективным регионом для освоения ресурсов кварцевого сырья. Возможности использования жильного и пегматитового кварца для получения высокочистых кварцевых концентратов, как наиболее востребованных на мировом рынке, определяются необходимостью подбора рациональных технологий обогащения с получением конкурентоспособных кварцевых продуктов. Это, прежде всего, требует детальных минералого-технологических исследований различных типов жильного кварца, распространенных на Кейвской площади и в пределах Енского района с выделением наиболее легкообогатимых разновидностей. Важным моментом является также оценка кварценосных объектов как комплексного сырья, включая нетрадиционные виды – кианитовые сланцы и мусковитовые кварциты Кейв.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бельков И.В. Кианитовые сланцы свиты Кейв. М.: Изд-во АН СССР, 1963. 320 с.
2. Глазунов В.М. и др. Предварительная оценка проявлений жильного кварца Малых Кейв на сырье для плавки. СПб., 1987.
3. Государственный баланс запасов полезных ископаемых. Кварц и кварциты. ФГУНПП Росгеолфонд. 01.01.2011.
4. Данилевская Л.А., Скамницкая Л.С. Месторождение жильного кварца Перчатка: история освоения, геолого-минералогические особенности, новые подходы к оценке сырья // Геология и полезные ископаемые Кольского п-ова. Тр. VII Всерос. Ферсмановской научн. сессии. Апатиты, 2-5 мая 2010 г. Апатиты: Изд-во К & М, 2010. С. 39-44.
5. Иконников Е.Б. и др. Отчет о результатах поисковых и поисково-оценочных работ на жильный кварц в ЮЗ части Кольского п-ова и в Сев. Карелии за 1984-85 гг. ТФГ, 1986.
6. Костелов Н.П., Шатнов Ю.А., Казаков Н.В. Отчет о результатах геологоразведочных работ на прозрачный и гранулированный жильный кварц на Кейвской площади в 1993-1996 гг. М., 1996.
7. Смирнова В.А. Отчет Кольской партии по объекту Перчатка-западный фланг о результатах разведки, проведенной в 1989-92 гг. СПб., 1993.
8. Турылеев Н.Б. Прогнозная оценка кварцево-жильной минерализации Кольско-Карельского региона как комплексных источников кварцевого сырья. Фонды ГП «Северкварцсамоцветы». СПб., 1977.
9. Юрков Н.Я. Информационный отчет о результатах поисковых работ м-ба 1:25000-1:5000 на кварцевое сырье в пределах Енского кварцево-жильного поля в 2001-2003 гг. Мончегорск, 2003.

ВЛИЯНИЕ УЛЬТРАЗВУКОВЫХ КОЛЕБАНИЙ НА ОСТАТОЧНУЮ НАМАГНИЧЕННОСТЬ АМФИБОЛИТА ХРЕБТА СЕРПОВИДНОГО

Жирова А.М.

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

Статья посвящена изучению магнитоупругих эффектов в образце магнетитсодержащего амфиболита хр. Серповидного при циклическом размагничивании и воздействии механических колебаний. Рассматриваются особенности влияния ультразвукового прозвучивания (УЗП) на остаточную намагниченность (ОН) пород при изменении параметров облучения. Исследования проводятся в развитие работ, начатых В.А. Тюремновым [1-3]. Дальнейшие исследования в этой области представляют интерес для решения проблем нелинейной геофизики и материаловедения.

Методика экспериментов. Эксперимент проводился в направлениях «Влияние направления УЗП относительно вектора ОН при циклическом облучении и размагничивании образца» и «Влияние различной амплитуды сигнала на ОН образца». В первом использовано 18 кубиков (СР001/01; СР001/02 и т.д.) амфиболита. ЕОН образца – около 0.5 А/м. Методика заключалась в циклическом УЗП предварительно размагниченных кубиков при следующих условиях: время облучения – 60 с., частота ультразвуковых колебаний – 100 кГц. Образец подвергся ультразвуковому облучению по всем направлениям.

Эксперимент «Влияние различной амплитуды сигнала на ОН образца» состоял из двух фаз, отличающихся амплитудой сигналов. В 1-й фазе амплитуда была 5 В, во второй 20 В. Сигнал малой амплитуды воспроизведен генератором монохромного сигнала Г3-102, а большей амплитуды – импульсным генератором ГИ-1. Время прозвучивания 60 с. Облучение выполнялось по всем направлениям.

Результаты. В ходе экспериментов определялось изменение параметров вектора ОН. Для пространственного представления вектора использована равноплощадная проекция. Построены графики изменения разности модуля ОН (In) в зависимости от этапа УЗП. Рассчитаны их статистические характеристики. По результатам эксперимента «Влияние направления УЗП относительно вектора ОН при циклическом облучении и размагничивании образца» сделан вывод, что зависимость вектора ОН от направления УЗП существует. Отмечается больший рост ОН при УЗП против направления максимальной оси намагниченности образца (135÷180°, рис. 1), по сравнению с УЗП под углом 45÷135° (рис. 2). Статистические характеристики положения (среднее, медиана, мода) для результатов УЗП вдоль этого направления также выше (рис. 1).

В ходе эксперимента «Влияние различной амплитуды сигнала на ОН образца» получены следующие результаты. В 1-ю фазу исследования, в которой использован монохромный сигнал с амплитудой 5 В, скачкообразные изменения ОН отмечаются только на 1-м этапе (1 УЗП и 1 Р, рис. 3, зона I). Затем на-

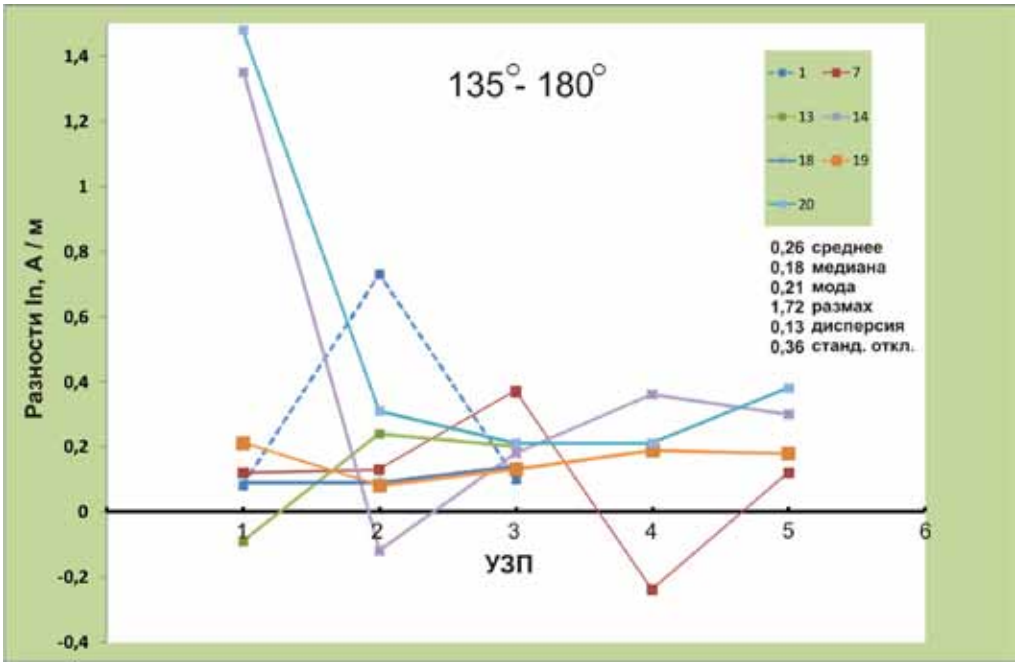


Рис. 1. Амплитуда отклика намагниченности при облучении под углом 135÷180°.

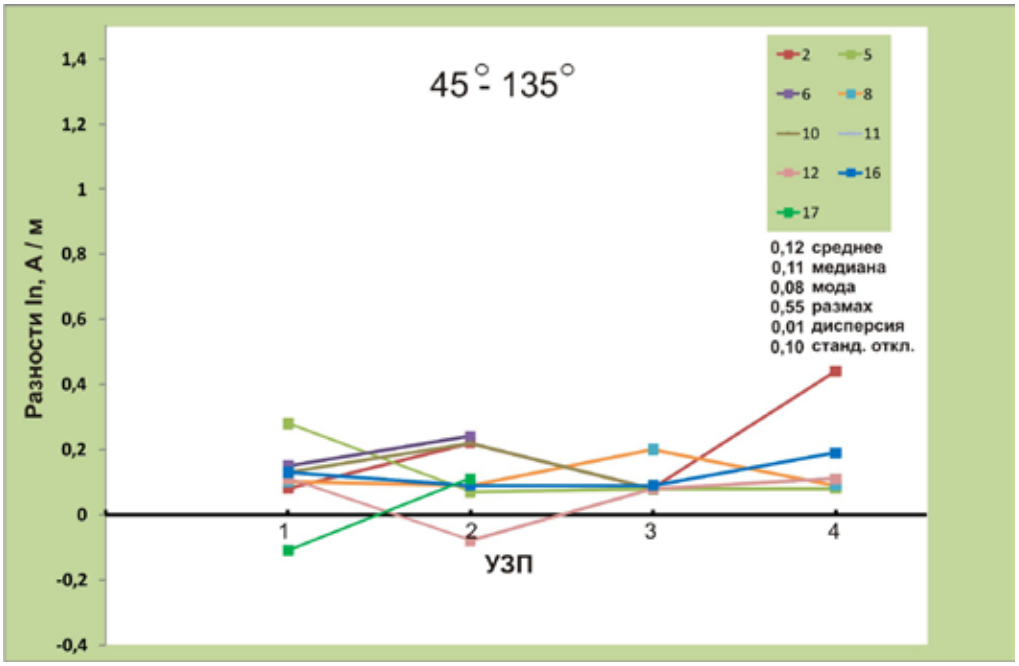


Рис. 2. Амплитуда отклика намагниченности при облучении под углом 45÷135°.

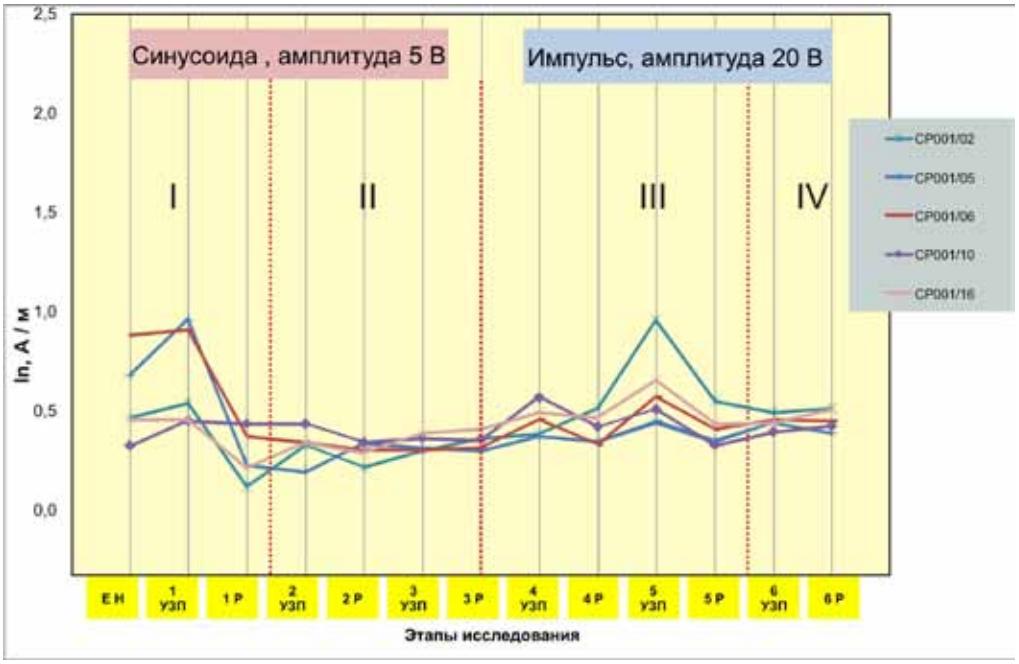


Рис. 3. Графики изменения намагниченности при использовании монохромного и импульсного сигналов с различными значениями амплитуды.

блюдается относительно спокойный характер графиков (зона II). Во 2-й фазе, в которой образец подвергся импульсному облучению (амплитуда сигнала 20 В), вновь происходит резкое изменение модуля ОН (зона III). В дальнейшем (зона IV) значимые изменения магнитного состояния образца не наблюдаются.

Выводы. На основе первых исследований образца магнетитсодержащего амфиболита хр. Серповидного установлено:

- Зависимость вектора ОН от направления УЗП существует. Отмечается больший рост значений ОН при УЗП против направления максимальной оси намагниченности образца (135÷180°) по сравнению с УЗП под углом 45÷135°.
- Использование импульсного сигнала с большой амплитудой (20 В) позволяет получить более выраженный магнитный отклик образца.

- После многократного (6 циклов) облучения и размагничивания образца наблюдается выход на асимптоту значений модуля вектора ОН. Дальнейшие процедуры УЗП и размагничивания не приводят к значимым изменениям магнитного состояния образца.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Глазнев В.Н, Тюремнов В.А., Нерадовский Ю.Н. и др. Исследование влияния акустических колебаний на магнитное состояние и остаточную намагниченность магнетитовых руд, Кольский п-ов // Матер. Межд. конф. «Месторождения природного и техногенного минерального сырья: геология, геохимия, геохимические и геофизические методы поиска, экологическая геология». Воронеж: Изд-во Воронеж-печать, 2008. С. 63-65.
2. Тюремнов В.А. Влияние акустических колебаний на намагниченность горных пород и руд // Тр. II Ферсмановской научн. сессии. Апатиты: Изд-во К & М, 2005. С. 175-176.
3. Тюремнов В.А. Глазнев В.Н., Осипенко Л.Г. Исследование акустического воздействия на остаточную намагниченность хромсодержащих пород Кольского п-ова // Физическая акустика, оптоакустика, нелинейная акустика, распространение и дифракция волн, геоакустика. Тр. XIX сессии Росс. акустич. об-ва. Т. 1. Москва: Изд-во Геос, 2007. С. 292-294.

О ПРОИСХОЖДЕНИИ И ПРОГНОЗИРОВАНИИ АЛМАЗОНОСНЫХ КИМБЕРЛИТОВ

Зинчук Н.Н.

Западно-Якутский научный центр АН РС(Я), Мирный, nnzinchuk@rambler.ru

Вопросам происхождения кимберлитового магматизма посвящена большая литература. Разновозрастные коренные источники алмазов найдены на Африканской, Сибирской, Восточно-Европейской, Австралийской, Китайской, Индийской, Северо- и Южно-Американской платформах, что подчёркивает планетарное проявление кимберлитового магматизма. Все исследователи принимают эмпирически установленную закономерность: кимберлиты (прежде всего алмазоносные) встречаются только в пределах древних платформ. Но есть существенные разногласия в мнениях, к каким именно областям платформ приурочены кимберлиты вообще и алмазоносные, в частности. Изучая металлогению Африканской платформы, Т.Н. Клиффорд (Clifford, 1966) отметил, что «области древней стабилизации, по крайней мере, 1800±250 млн. лет, являются источниками большей части африканского золота, хрома, платины, асбеста и алмазов». Алмазоносные кимберлиты, независимо от возраста их внедрения, проявляются только на территориях, представляющих собой архейские кратонные области с древним фундаментом. Эти выводы оказались справедливыми и для других древних платформ и получили название «правило Клиффорда». Указанное правило разными исследователями в применении к различным платформам трактуется неодинаково, что объясняется различным пониманием термина «кратон», поскольку под ним в «правиле Клиффорда» понимается не весь кристаллический фундамент древней платформы, а только некоторые его участки древнейшей консолидации. При этом оставалось неясным, какую возрастную границу следует считать минимальной для выделения кратонов? В пределах Африканской платформы фундамент состоит из участков с возрастом метаморфизма от 2.5 до 3.5 млрд. лет [1]. Возникает вопрос – какие из них следует считать кратонами? В пределах Бразильского щита кратонами называют области докембрия, избежавшие бразильской активизации (500±200 млн. лет), но можно ли их считать аналогом африканских кратонов с возрастом 2.3 млрд. лет и древнее? Неразработанность этих и других подобных вопросов, касающихся всех древних платформ Мира, затрудняет применение «правила Клиффорда» и ведёт к его отрицанию некоторыми исследователями. Очевидно, что районирование фундамента древних платформ с помощью «правила Клиффорда» должно основываться на твердых однозначных принципах и приёмах [3]. Ряд исследователей предлагает разделить кратоны на архоны (древнее 2.4 млрд. лет), протоны (от 2.4 до 1.6 млрд. лет) и тектоны (от 1.6 до 0.8 млрд. лет). В пределах архонов, представляющих собой овоидно-мозаичные и линейно-складчатые блоки раннего и позднего архея, отличающиеся составом метаморфических комплексов и тектоническим строением, широко развиты поля алмазоносных кимберлитов. Протоны образуют складчатые пояса, сложенные первично-осадочными и осадочно-вулканогенными породами раннего и позднего протерозоя (протогеоксинальные пояса), а также пояса тектоно-термальной перера-

ботки, наложенные на архейское основание. Тектоны (позднедокембрийские складчатые области) обычно не рассматриваются в качестве потенциально перспективных на алмазы территорий. При районировании Сибирской платформы на архейские кратоны и протерозойские подвижные пояса подтверждается вывод о приуроченности алмазоносных кимберлитов только к архейским кратонам. При этом в структуре платформенного чехла поля кимберлитов контролируются зонами сочленения антеклиз и синеклиз, в локальном плане – выступами нижнепалеозойского цокольного комплекса. По совокупности структурных и вещественных факторов нами [5] обосновано выделение центральных и периферийных зон кратонов. С последними можно связать лампроиты Австралии, кимберлиты Зимнего Берега Восточно-Европейской платформы и отдельные поля Сибирской платформы. Многими исследователями отмечается зональность при переходе от центральных частей алмазоносных провинций к периферийным, которая выражается в падении алмазоносности, увеличении доли кристаллов алмаза эклогитового парагенезиса [2], уменьшении возраста кимберлитовых тел и их размеров, увеличении интенсивности мантийного магматизма.

На основании новых сведений о закономерностях плейт-тектоники на докембрийском этапе геологического развития земной коры, многими исследователями пересмотрены представления о строении кристаллического фундамента платформ. Поскольку возраст коровых ксенолитов в кимберлитовых трубках не превышает 3.1-3.3 млрд. лет, многими исследователями сделан вывод, что начало формирования континентальной коры выветривания кимберлитовых трубок относится именно к этому периоду, т.е. не подтверждается наличие в этих районах реликтов первичной катархейской коры. На Сибирской платформе последняя входила в состав суперконтинента Пангея-0, который в начале раннего протерозоя раскололся на многочисленные плиты вместе с деплетированной верхней мантией мощностью 150-200 км [4]. Они являются фрагментами более крупных тектонических образований: кратонов, пассивных и активных континентальных окраин, пластин океанической коры (офиолиты), внутриокеанических структур различного типа и островных дуг. Все эти образования в прошлом находились на расстоянии в сотни и тысячи км от современного нахождения и, возможно, относительно друг от друга и ближайших кратонов. По нашему мнению [3], террейны – это элементы структуры, которые первоначально развивались независимо друг от друга как изолированные микроконтиненты в разное геологическое время. Разделяющие их зоны разломов обнаруживают признаки тектонического сдавливания и надвигания, свойственные зонам «коллизии континентальных масс». Что касается кристаллического фундамента Сибирской платформы, то общность простираний его элементарных структур по геофизическим данным не даёт оснований предположить, что он составлен из отдельных микроплит, развивавшихся друг от друга в разное геологическое время. Составленные по «фиксистскому» принципу тектонические схемы кристаллического фундамента как раз основываются на факте подобия и непрерывности его структуры. Судя по приведённым выше определениям террейнов, вертикальные колонны микроконтинентов, состоящих из континентальной коры с возрастом 2.5-3.1 млрд. лет и деплетированной на глубину 150-200 км верхней мантией, двигались по астеносфере, залегающей на глубине 260-300 км, и были разделены пространствами с океанической корой и вулканогенно-осадочными образованиями. При столкновении и «причаливании» микроконтинентов происходило, согласно базовому принципу тектоники плит, образование коллизионных поясов раннепротерозойского возраста. При закрытии крупных океанических бассейнов с осадконакоплением формировались складчатые пояса, что сопровождалось, по-видимому, субдукцией. На Сибирской платформе к образованиям подобного рода, вероятно, относится Анабаро-Жиганский пояс, а также другие пояса на Алданской антеклизе. Что касается других шовных зон, соединяющих террейны и состоящих из тектонических блоков архейской коры, гранулиотгов, диафторитов, интрузивов раннепротерозойского возраста, то они являются зонами (поясами) сдавливания и надвигания архейских блоков с наложением повторного метаморфизма, т.е. отвечают понятию зон тектоно-термальной переработки. На схеме геологического строения кристаллического фундамента центральной части Западно-Якутской алмазоносной провинции [3] выделены Тунгусский, Маганский, Далдынский, Мархинский и Биректинский террейны, сшитые Саяно-Таймырской, Котуйканской и Билляхской разломными зонами-надвигами, сопровождаемыми тектоническим меланжем, т.е. теми же зонами тектоно-термальной переработки. Для составления указанной тектонической схемы привлечены определения возраста керна, поднятого из глубоких нефтегазопоисковых скважин, крайне редких и неравномерно распределённых по описываемой территории. Использован также возраст ксенолитов из кимберлитовых трубок.

Многие исследователи связывают алмазоносные кимберлиты с архейскими кратонами. Чтобы его алмазоносный потенциал был реализован, необходимо наложение линейной зоны тектонической активизации (син. минерагеническая зона). К числу главных факторов, контролирующих распределение ким-

берлитовых полей на Сибирской платформе, ряд исследователей относят долгоживущие продольные и глубинные поперечные разломы, вдоль которых происходят скачкообразные изменения глубин залегания основных границ раздела земной коры. Размещение полей определяется их приуроченностью к склонам фундамента с небольшой глубиной залегания (до 2-3 км) или к крупным среднепалеозойским пологим поднятиям чехла и его флексурообразным перегибам и наложением на них разновозрастных и разнотипных глубинных разломов. Другими кимберлитовый магматизм на Сибирской платформе традиционно связывается с протяженными Ангаро-Оленёкской, Ангаро-Вилюйской, Куонамской и другими зонами. Их протяженность сильно преувеличивается, не на всем протяжении они подтверждаются действительно кимберлитовыми проявлениями, а их тектоническое строение на всех уровнях фактически остаётся неизвестным. Во многих случаях зоны выделяются по трещиноватости или сериям кимберлитовых даек, а также по космическим снимкам. Часто вместо термина «зона» употребляется «линеамент», указывающий на неясность генезиса линейного образования. Тем не менее, зоны отождествляются с глубинными разломами, разделяющими крупные геоструктуры платформы или пересекающими её вне зависимости от этих геоструктур. В действительности настоящими глубинными разломами, в соответствии с общепринятым значением термина, являются только участки зон, ограничивающих авлакогены и порожденные ими синеклизы, перикратонные прогибы. Кимберлитовые и другие проявления ультраосновного магматизма связаны именно с такими участками кимберлитовых зон. В то же время, зоны и их участки, не связанные с указанными тектоническими структурами, представляют тектонически ослабленные пояса и не несут кимберлитовых изверженных пород. При определённых условиях они могут способствовать проникновению в кору кимберлитовой магмы.

Геофизические данные в районах кимберлитовых полей свидетельствуют, что здесь земная кора обладает различными аномальными геофизическими свойствами, которые связываются с неоднородностями в верхней мантии и фундаменте. Такие геофизические неоднородности нужно рассматривать не как признаки кимберлитового поля, а как признаки термоблем. Основные условия проявления кимберлитового магматизма обеспечиваются рифтогенезом – ведущим тектоническим фактором развития древних платформ в протерозое и фанерозое, но в особенности авлакогенами – обьёмными рифтовыми структурами древних платформ мира. Проявлений кимберлитового магматизма в авлакогенах не наблюдается, в них часто развит трапповый магматизм, обычно с щелочным уклоном. Но авлакогенам генетически и пространственно сопутствуют рифтогенные структуры, именуемые линеаментными рифтами и областями динамического влияния, которые способствуют не только проницаемости коры, но и поступлению теплового потока и газовых флюидов в глубинные кимберлитовые сегрегации (ГКС) и коровые кимберлитовые сегрегации (ККС), контролирующие кимберлитовые поля. Гипотезы происхождения алмазоносных кимберлитов происходят из фундаментального предположения, что кимберлитовая магма и её эксплозивные производные проникают в земную кору по глубинным разломам. В зависимости от глубины локализации магматического очага и термобарических условий формируются кимберлитовые расплавы того или иного фациального состава. Наиболее глубинной (до 250 км) является алмаз-пироповая фация. При этом под термином глубинный разлом мантийного или корового заложения (в применении к платформам) обычно понимаются вертикальные или крутопадающие амплитудные или безамплитудные разрывы земной коры, достигающие мантии и проникающие в неё вплоть до астеносферы. В действительности на платформах нет фанерозойских разломов такого типа, а есть амплитудные разрывы земной коры, достигающие или не достигающие кровли верхней мантии. Выделение глубинных разломов (тем более мантийных) без привлечения геологии осадочного чехла ведёт к нарушению одного из основных принципов – соответствия вертикальных и латеральных масштабов геологического явления. Конечно, фанерозойские глубинные разломы отчётливо выражены в осадочном чехле. Протяженность глубинных разломов, ширина и вертикальные амплитуды соответствуют масштабам региональных и общепланетарных тектонических процессов, их порождающих. Т.е. перечисленные параметры являются значительными, исключающими отнесение к глубинному разлому элементарной базамплитудной трещины. Геотектоническому масштабу явления соответствует и продолжительность активной жизни глубинного разлома, что находит отражение в фациальном составе отложений седиментационного бассейна, в котором локализован разлом.

Таким образом, ни открытые, ни линеаментные рифты не могут продуцировать алмазоносные кимберлиты. Первые – в силу высокой открытости литосферы и высокого стояния магматических очагов, вторые – по причине низкого их стояния, но недостаточного для выплавления кимберлитов, тем более высокоалмазоносных. Но является эмпирическим фактором то, что линеаментные рифты контролируют кимберлитовые поля и целые районы. Если допустить околоастеносферный источник алмазоносных ким-

берлитов (согласно сопутствующим гипотезам, самые глубинные фации алмазоносных кимберлитов образуются на глубинах в 200-300 км), то линеаментные рифты придётся уподобить глубинным мантийным разломам, для чего нет геологических и геофизических доказательств. Это значит, что алмазоносные кимберлиты не связаны ни с магматическими диапирами линеаментных рифтов, ни с околоастеносферными глубинными источниками, что кимберлитовое вещество находилось непосредственно под корой или в переходном слое от коры к мантии, или непосредственно в нижних горизонтах коры. Особенности кимберлитовых полей состоят не только в том, что они пересекаются линеаментными рифтами, неспособными к продуцированию кимберлитов, но и в том, что они располагаются над термоблемами в пределах ортократонов. Следовательно, в сочетании этих факторов и заключается причина образования кимберлитовых полей. Кимберлитовое вещество термоблем локализовано в ГКС и ККС. Механизм образования кимберлитовых диатрем и даек тот же, что и для коровых основных магматитов линеаментных рифтов. Но в пределах термоблем верхняя мантия обладала повышенной проницаемостью для горячих газово-флюидных потоков от магматического диапира и сопредельного авлакогена. ГКС были захвачены корово-мантийной смесью рифтовой подушки и вместе с нею переработаны в брекчию с магматогенно-метасоматическим цементом. В объёме подушки она дифференцирована по составу и, возможно, гравитационно расслоена. Нижние обособления корово-мантийной брекчии подверглись максимальному воздействию газово-флюидных эманаций и составили основу трубочных кимберлитовых брекчий, перемещённых затем и в верхние части диатрем.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Зинчук Н.Н., Дукардт Ю.А., Борис Е.И. Тектонические аспекты прогнозирования кимберлитовых полей. Н.: Изд-во Сибтехнорезерв, 2004. 166 с.
2. Зинчук Н.Н., Коптиль В.И. Типоморфизм алмазов Сибирской платформы. М.: Недра, 2003. 603 с.
3. Розен О.М., Манаков А.В., Зинчук Н.Н. Сибирский кратон: формирование, алмазоносность. М.: Научный мир, 2006. 212 с.
4. Тектоника, геодинамика и металлогения территории Республики Саха (Якутия) / Ред. Парфёнов Л.М., Кузьмин В.И. М.: Наука/Интерпериодика, 2001. 571 с.
5. Харькив А.Д., Зинчук Н.Н., Крючков А.И. Коренные месторождения алмазов мира. М.: Недра, 1998. 555 с.

ОСОБЕННОСТИ ПАЛЕОТЕКТОНИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ ПРОЯВЛЕНИЙ КИМБЕРЛИТОВОГО МАГМАТИЗМА ВОСТОЧНО-ЕВРОПЕЙСКОЙ ПЛАТФОРМЫ

Зинчук Н.Н.

Западно-Якутский научный центр АН РС(Я), Мирный, nnzinchuk@rambler.ru

Практически все коренные месторождения алмазов мантийного происхождения сосредоточены в пределах древних кратонов. Считалось, что кимберлиты могут располагаться и в пределах протерозойских подвижных поясов, но их алмазоносность должна быть ограниченной или эти породы не должны содержать алмазов. Действительно, в краевых зонах кратонов до недавнего времени не были известны промышленные коренные месторождения алмазов, хотя россыпи с неустановленными коренными источниками были известны. В последние десятилетия открыты коренные месторождения алмазов и в периферийных частях кратонов, в том числе в северной части Восточно-Европейской платформы в районе Зимнего Берега. Этот район кимберлитового и родственного ему магматизма в 100-140 км к СВ от Архангельска разделен на 5 полей: Золотицкое (трубки Ломоносовская, Пионерская, Карпинские-1 и 2, Архангельская, Снегурочка, Поморская, Кольцовская, Первомайская и др.); Верхотинское (Волчья, Верхотинская, Осетинская, Майская и др.); Кепинское (Шочинская, Октябрьская и др.); Мельское (1 силл); Полтозерское (многие трубки базальтоидов). В строении осадочного чехла в пределах Зимнебережного района выделяются 3 структурных яруса: рифейский обьединяет слабометаморфизованные отложения среднего и верхнего рифея мощностью до 2 км; вендский представлен толщей переслаивающихся алевролитов, аргиллитов и песчаников общей мощностью 0.5-1.0 км; к верхнепалеозойскому относятся карбонатные отложения

среднего и верхнего карбона, нижней и верхней перми. Эти отложения образуют в центральной и восточной частях района пологую моноклиналь, их мощность увеличивается от 50 до 200 м в ЮВ направлении. Возраст кимберлитового и родственному ему вулканизма связан с фазой раннегерцинской тектонической активизации (D_2-C).

В ЮВ акватории Белого моря и на удалении от него на расстояние до 300 км располагается позднепалеозойская Мезенская впадина, кристаллический фундамент которой сложен архейскими и нижнепротерозойскими метаморфическими породами, выходящими на дневную поверхность в Карелии и на Кольском п-ове. В северо-восточной части Балтийского щита, куда, кроме названных регионов, входят также Северная Скандинавия и Финская Лапландия, различается ряд складчатых зон (карелиды) нижнего и среднего протерозоя. Через центр субпровинции протягивается Беломорский массив, продолжением которого в Мезенской впадине является Северо-Двинский массив. В системе карелид эти массивы представляют собой антиклинории складчатости СЗ простирания, осложнённой наложенной складчатостью СВ направления, которые сложены гнейсами, гранито-гнейсами, гранулитами и основными породами, абсолютный возраст которых колеблется от 3500 (катархей) до 1950 млн. лет (ранняя фаза складчатости карелид). Наиболее распространены гранито-гнейсы с возрастом 2600 млн. лет (архейская складчатость) и древнее. Видимо, беломориды, являясь фундаментом для раннепротерозойских коллизионных поясов, были вместе с ними вовлечены в складчатость и ретроградный повторный метаморфизм, вследствие чего оказались «омоложены». Стабильные глыбы срединных массивов и протерозойской протогеосинклинали не подвергались глубокой тектоно-термальной переработке и на многих участках сохранили первозданную складчатую структуру, характерную для катархея и архея. В акватории Белого моря между Онежской губой и Мезенским заливом и в бассейне нижнего течения р. Северная Двина наблюдается расширенная зона беломорид с мозаичной нелинейной складчатостью. Беломорский кратон на СВ граничит со складчатой Кольской зоной карелид по глубинному тектоническому шву. В Мезенской впадине её продолжение именуется Мезено-Вычегодской зоной. Эти зоны состоят из ряда линейно вытянутых антиклинориев и синклинориев. Антиклинории сложены гнейсами и гранитами архея, синклинории – в основном мощными осадочно-вулканогенными комплексами нижнего и среднего протерозоя. Нижние карелиды представлены сланцами, амфиболитами и гнейсами. Среднепротерозойские образования, перекрывающие несогласно нижние карелиды, залегают в зеленокаменных прогибах. В антиклинориях встречаются непереработанные карельской складчатостью и метаморфизмом породы с возрастом 2600-2870 млн. лет и даже древнейшие катархейские образования с возрастом до 3500 млн. лет. В северной части Кольской зоны выделяется крупный Мурманский массив, надвинутый на южную часть зоны. Он образован древнейшими гранитоидами с сохранившимися реликтовыми блоками гнейсов и амфиболитов, но сильно переработан карельской складчатостью и прорван многочисленными интрузиями гранитов карельского возраста. Центральная часть Мезенской впадины пересечена глубоким Кандалакшским синклинорием. По-видимому, он сложен амфиболитами зеленокаменного прогиба. На ЮЗ Беломорско-Северо-Двинский кратон граничит с карельской зоной карелид. В целом перечисленные зоны карельской складчатости хотя и содержат в себе реликты архейских и катархейских образований, но в подавляющем обьеме сложены нижнее-среднепротерозойскими породами или омоложенным фундаментом беломорид. Кроме того, резко преобладает линейная складчатость. Это даёт основание отнести их к ранне-среднепротерозойским поясам с весьма ограниченными перспективами в отношении алмазоносных кимберлитов.

К СВ от Мурманского пояса кристаллический фундамент переработан байкальской складчатостью Тимана. История геологического развития Восточно-Европейской платформы как единого консолидированного континентального образования начинается с заложения в рифее многочисленных авлакогенов, раздробивших платформу на крупные блоки, развивавшиеся далее в ранге антеклиз, синеклиз, прогибов и плакантиклиналей. Большинство закончило активное развитие к концу венда, когда они без значительной инверсии перешли в разряд погребенных грабенообразных структур. Их активизация в форме инверсионных структур (взбросов, сбросов и валообразных поднятий) с сохранением грабенообразного строения происходила в герцинский этап (карбон-пермь). Другие авлакогены (регенерированные) прошли повторно все стадии развития от складконакопления до полной инверсии в герцинский этап. Эти авлакогены непосредственно связаны [1, 2] с герцинскими складчатыми системами (Урал и Тиман). Особую группу здесь составляют краевые прогибы, имеющие много общего с авлакогенами (набор формаций и тектоническая структура), но отличающиеся от них по происхождению. Авлакогены Восточно-Европейской платформы

относятся [3] к эпиорогенным рифтовым структурам. В начале байкальского этапа орогенез охватил всю платформу. На растянутых сводах по тектоническим швам карельских массивов закладывались орогенные прогибы, перешедшие затем в байкальские авлакогены. Они во многом унаследовали простирание структур кристаллического фундамента. В течение байкальского этапа обособились [4] по окраинам платформы крупнейшие щиты: на юге и ЮВ – Украинско-Воронежский и Волго-Уральский, на СЗ – Балтийский. Между ними во внутренних районах платформы осадконакопление в рифее происходило в грабенообразных прогибах, в венде «выплеснулось» за их пределы, сформировав Средне-Русскую синеклизу. Стержнем этой байкальской синеклизы является Средне-Русский авлакоген [5], боковыми ветвями которого являются авлакогены, лежащие в основании Мезенской впадины ЮВ Беломорья. Все характерные черты развития и строения Средне-Русского авлакогена относятся и к авлакогенам Мезенской впадины, к тому же Средне-Русский авлакоген изучен лучше. Протягивается последнмий от верхнего течения р. Волга в СВ направлении через бассейны р. Сухона и Вычегда. По-видимому, он заложен в зоне древнего тектонического шва, разделявшего Балтийский и Волго-Уральский архейские щиты. Поперечными разломами (сдвигами) он расчленен на ряд отдельных сегментов и, несмотря на значительную протяженность, представляет собой узкий (25-30 км) комплекс пород. Лишь самые СВ сегменты, в том числе Котласский, от которого отчленяются Кандалакшско-Двинский и Коряцко-Лешуканский авлакогены, достигают ширины в 50-70 км. Средне-Русский авлакоген сопровождается и другими крупными боковыми ответвлениями, а также многочисленными мелкими грабенообразными структурами-спутниками. Всё это говорит о том, что он является типичной структурой горизонтального растяжения. Глубина залегания фундамента в пределах авлакогена оценивается в 4.5-5 км на СВ и в 3-3.5 км на ЮЗ. Грабенам отвечают отрицательные гравитационные аномалии, формирующиеся широкими зонами их динамического влияния. Опускание Средне-Русского авлакогена компенсировано мощными толщами рифейских отложений. Нижнерифейские образования достигают мощности 1.5 км, а верхнерифейские выходят за пределы грабенов и мощность колеблется в широких пределах в разных грабенах, что объясняется обособлением их поперечными сдвигами. В некоторых сегментах верхнерифейские отложения достигают мощности более 2 км, в Мезенской впадине – первых десятков метров. В вендскую фазу байкальского тектогенеза авлакоген со всеми его ответвлениями испытал инверсию, т.е. преобразовался в зону относительных поднятий, хотя и вошел в более обширную территорию эпейрогенического прогиба между Байкальским и Волго-Уральским щитами. Кандалакшско-Двинский и Коряцко-Лешуканский авлакогены наложены на Северо-Двинский массив беломорид, причём Коряцко-Лешуканский авлакоген наложен на узкий Кандалакшский пояс карелид, а Кандалашкско-Двинский авлакоген контролировался зоной тектонического шва между Северо-Двинским массивом и Карельским поясом карелид. От Предтиманского прогиба авлакогены отделены Мезенским, между собой – Архангельским горстами. На севере, в пределах Кандалакшского залива, они сливаются в единый узкий трог, также как и на юге – при причленени авлакогенов к Котласскому сегменту Средне-Русского авлакогена. Здесь глубина залегания фундамента достигает 4.0-4.5 км, тогда как в центральной части и на севере не превышает 3 км. В современной структуре Котласская часть авлакогена расчленена на ряд грабенов и горстов, что является результатом инверсионных преобразований широкого единого гребена. Поперечные разломы, как и в Средне-Русском авлакогене, являются сдвигами и образовались в конседиментационную стадию байкальского тектогенеза.

На каледонском этапе развития, вплоть до конца силурийского периода, за исключениемеё пригеосинклинальных окраин, Восточно-Европейская платформа представляла собой высоко поднятую континентальную плиту. Лишь со среднего девона она постепенно, сначала через авлакогены и краевые прогибы, вовлекается в осадконакопление (Большой Донбасс, Вятский авлакоген, Аверо-Каспийский, Предтиманский прогибы и др.). Средне-Русский авлакоген, как и Мезенская впадина, вошел в область осадконакопления со среднего карбона, когда начала формироваться обширная герцинско-мезозойская синеклиза. На протяжении каледонского и в начале герцинского этапов территория Мезенской впадины относилась к наиболее приподнятым регионам Русской плиты. В современной структуре Кандалашско-Двинского и Корецко-Лешуканского авлакогенов, как в грабенах, так и по их обрамлению наблюдаются пликативные и дизьюнктивные инверсионные нарушения (продольные и поперечные). При субгоризонтальном залегании среднекарбонового-верхнеперсмкого осадочного чехла приходится говорить о широком возрастном диапазоне инверсионных нарушений от венда до карбона. С другой стороны, наиболее полно региональный структурный план зоны Средне-Русского авлакогена изучен по поверхности пермского карбонатного

комплекса сейсморазведкой и структурно-параметрическим бурением. Установлено, что по пермским отложениям на месте авлакогена, строго ограничиваясь направлениями древних продольных нарушений, выделяются валы.

В Средне-Русском авлакогене (Кандалакшско-Двинский и Коряцко-Лешуканский авлакоген с ним генетически связаны) инверсия продолжалась и в позднепалеозойскую тектоническую эпоху. Исходя из этого, можно допустить, что основная фаза инверсионных преобразований приходится на ранний – начало среднего карбона. С этой же фазой связан кимберлитовый магматизм ЮВ Беломорья. Высказанные ранее положения о тектонических и историко-геологических факторах кимберлитового магматизма находят подтверждение и на примере ЮВ Беломорья. При рассмотрении общих закономерностей формирования коры и кристаллического фундамента различных древних платформ мира показано, что в катархее континентальная кора имела «островное» нуклеарное строение. Их тектоно-метаморфические комплексы представлены эндербитами. В конце катархея сформирована эклогит-базитовая кора, но верхняя сиалическая – только в пределах нуклеаров. Последние имели значительные размеры, сравнимые с размерами щитов докембрийских платформ, изометричную конфигурацию и мозаично-кольцевую складчатость. Средний класс (до 5000 км) кольцевых образований нуклеаров, названных ортократонами, имели наиболее мощную нижнюю кору, связь с наиболее глубинными горизонтами мантии и служили ареной магматической деятельности с проникновением в нижнюю кору наиболее глубинных перидотитов, включая алмазоносные. Среди них выделен особый класс кольцевых структур размером от 20 до 50 км в поперечнике с особыми геолого-геофизичнскими характеристиками, указывающими на их термально-тектоническое происхождение и названные термоблемами. Кимберлитовые поля с алмазоносными диатремами, дайками, жилами, субпластовыми залежами или без таковых обычно приурочены к термоблемам. Кимберлитовые поля всех возрастов и на всех древних платформах мира контролируются лениаментными рифтами, связанными или не связанными с полициклическими авлакогенами рифейско-фанерозойского возрастов. Контроль авлакогенами проявлен в расположении кимберлитовых полей в малоамплитудных линеаментных рифтах, протягивающихся вдоль бортов авлакогенов, а также систематически наблюдаемой включённостью кимберлитовых проявлений в периферийную тектоническую структуру авлакогенов. Кимберлиты (тем более алмазоносные) отсутствуют в континентальных рифтах, достигших высших стадий развития (открытых рифтах). Для них характерен разнообразный ультраосновной и основной магматизм с карбонатитами, сиенитами, пикритами, а также бимодальный вулканизм. Поля алмазоносных кимберлитов и лампроитов сопутствуют континентальным рифтам с проявлениями основного, умеренно щелочно-основного магматизма или без такового. Кимберлитовый интрузивный магматизм и вулканизм синхронен той или иной стадии становления полициклического авлакогена или формированию континентального рифта, более кратковременному по сравнению с полициклическим авлакогеном. Понятие «возрождённый рифтогенез», наложенный на завершившие развития авлакогены, а также на некоторые глубокие континентальные рифты, распространяется и на раннепротерозойские пояса (межтеррейновые аккреционные и коллизионные орогены). Имели место три глобальные эпохи проявлений алмазоносного кимберлитового магматизма – рифейская, среднепалеозойская и мезозойская, что соответствует байкальскому, раннегерцинскому и мезозойскому тектоническим этапам.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Галдин Н.Е., Егоркин А.В., Зюганов А.В. и др. Глубинное строение земной коры Кольского п-ова вдоль регионального профиля МОВ-ГСЗ Печега-Умозеро-Пулоньга-Ручьи // Геотектоника. 1986. № 4. С. 8-19.
2. Зинчук Н.Н., Дукардт Ю.А., Борис Е.И. Тектонические аспекты прогнозирования кимберлитовых полей. Н.: Изд-во «Сибтехнорезерв», 2004. 166 с.
3. Кропоткин Н.П. Глубинная тектоника древних платформ Северного полушария. М.: Наука, 1971. 364 с.
4. Минц М.В., Глазнев В.Н., Конилов А.Н. и др. Ранний докембрий северо-востока Балтийского щита: палеогеодинамика, строение и эволюция континентальной коры // Тр. ГИН. Вып. 503. М.: Научный мир, 1996. 267 с.
5. Рундквист Д.В., Минц М.В., Ларин А.М. и др. Металлогения рядов геодинамических обстановок раннего докембрия. М.: Наука, 1999. 367 с.

ЛИТОСФЕРА КАК КОЛЕБАТЕЛЬНАЯ СИСТЕМА И МЕХАНИЗМ ЕЁ ЭВОЛЮЦИИ С ТЕКТОНИЧЕСКИМ РАССЛОЕНИЕМ

Ильченко В.Л.

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

В продолжение изучения природы расслоения литосферы как колебательной системы далее рассмотрен механизм влияния на неё лунных приливов. Сделан вывод, что в качестве главной колебательной системы (ГКС) следует рассматривать внешнюю земную оболочку мощностью 1200 км. Для моделирования тектонического расслоения земной коры с получением информации о его параметрах это значение нуждается в уточнении для каждого блока. Предложен способ получения значения мощности ГКС в каждой точке литосферы. Сделан вывод о главной причине расслоения литосферы, которая состоит в её позиции между Луной и остальной массой (нижняя мантия и ядро) Земли, силы притяжения которых действуют в противоположных направлениях. Приливная волна создаёт в литосфере зону растяжений. Её сокращение (вслед за «уходом» приливной волны) преобразует ГКС (и литосферные блоки) в регулярные периодически возбуждаемые колебательные системы, захватывающие все динамические процессы вплоть до разрушения с тектоническим расслоением блоков.

Введение. На основании предыдущих исследований сделано предположение, что каждый блок земной коры является уникальной, периодически возбуждаемой лунным приливом колебательной системой из множества стоячих волн, специфика затухания которых приводит к ритмичности тектонического расслоения объекта с уникальными для каждого блока характеристиками, и должен быть изучен с этой точки зрения. Моделированием тектонического расслоения земной коры Печенгского блока (ЗКПБ) как колебательной системы, волновой контроль (ВК) над динамическими процессами в литосфере доказан [5]. Формальное описание процесса: а) энергия приливной волны на время превращает блок земной коры в колебательную систему и активизирует в нём динамические процессы; б) продолжительность акта ВК – время с момента установления до затухания колебательной системы (поля стоячих волн) в блоке; в) затухание системы сопровождается последовательным делением стоячих волн на моды неподвижными узловыми точками, которые «закрепляются» в породе по всему пространству блока как система точечных концентраторов избыточно высоких напряжений и определяют основу «структуры» волнового поля; г) регулярную повторяемость актов ВК с обновлением структуры волнового поля обеспечивает стабильность небесной механики. ВК над геодинамическими процессами состоит в поддержании блока земной коры в готовности к тектоническому расслоению по предопределённой схеме с разрушением по поверхностям, которые представляют собой объединения (системы) множества узловых точек. Когда решился вопрос о происхождении ритмичности, в механизме тектонического расслоения блоков земной коры остался неясным момент, связанный с оценкой масштабности явления.

Критический обзор проблемы. Средний радиус Земли составляет 6371.032 км (информация о строении Земли взята из [2], о плотности – из табл. 28 в [4]). По результатам геофизических работ, наша планета являет собой систему вложенных оболочек разной толщины, плотность вещества которых увеличивается скачками на глубинах 1200, 3600 и 5600 км [4] по мере приближения к ядру. Внешняя оболочка (земная кора или слой А) отделена от мантии поверхностью Мохоровичича («Мохо», «М»), имеет переменную мощность (под континентами 30-70 км, под океанами 15-5, до 0 во впадинах). Мантия разделена на слои: B, C, D' и D». Слой B (верхняя мантия) тянется от границы «М» на глубину 400 км (в динамических моделях эту границу принято смещать до 700 км, поскольку ниже отсутствуют очаги землетрясений). Слой C – интервал 400-900 км – отмечен резким ростом скоростей сейсмических волн. В слое D' (900-2700 км) скорость волн продолжает расти. Переходный слой D» (2700-2885 км), граничащий с ядром, отличает изменчивость поведения сейсмических волн. Слои E, F и G образуют ядро Земли. На границе мантия-ядро скорость продольных волн уменьшается на 30 %, поперечные волны исчезают, указывая на жидкое состояние внешнего ядра (слоя E) мощностью 2100 км. Ниже переходного слоя F (мощность 140 км, плотность 15 г/см^3) находится внутреннее твёрдое ядро – слой G (радиус 1250 км, плотность 17.5 г/см^3). Взаимодействие масс планет (с возбуждением приливов) происходит бесконтактно, детального описания механизма этого взаимодействия до сих пор нет.

Движение Луны по орбите оставляет в каждой точке земной поверхности «след», обусловленный силой притяжения (по прямой линии между центрами масс Луны и Земли), обязательным членом которой будет некий коэффициент пропорциональности $К_Л = R_Л \times \rho_Л$ ($R_Л$ – радиус Луны 1737.1 км, $\rho_Л$ – средняя

её плотность 3.3 г/см^3). Умножением радиуса на плотность получим $К_Л$ = 573.243 т/см^2. Допуская возможность того, что при бесконтактном силовом взаимодействии масс энергия лунного прилива способна «взаимодействовать» лишь с эквивалентным лунной массе («квант массы») объёмом земных пород (возбуждая упругие колебания только в нём, а не во всем объёме Земли), можно получить представление о глубине проникновения энергии прилива $R_{пэп}$ в земные недра. Разделив $К_Л$ на среднюю плотность вещества верхней мантии Земли $\rho_{ВЗМ} \approx 4.7$ г/см^3 [4], получим $R_{пэп} \approx 1219.67$ км. Примечательно, что на глубинах около 1200 км установлено «…уменьшение скорости распространения упругих волн и резкое увеличение плотности вещества» [4]. Эта же глубина ограничивает все эффекты ВК.

Для доказательства ВК ранее проведено моделирование тектонического расслоения ЗКПБ как колебательной системы [5]. В расчёте граничных параметров модели применялся закон затухания стоячей волны в натянутой струне с шаговым её делением неподвижными узлами (цепная реакция «размножение-деление») на множество мод, последовательность длин которых образует геометрическую прогрессию, описываемую уравнением $M_n = M/2^n$ (M – длина струны или мощность ЗКПБ, M_n – длина моды или мощность элемента расслоения земной коры в n-ом акте деления, n – номер моды, табл. 1).

Таблица 1. Граничные параметры первых 11мод модели расслоения ЗКПБ.

№ моды	M0	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10
Длина, км	42	21	10.5	5.25	2.62	1.31	0.66	0.33	0.16	0.08	0.04

Вероятность проникновения энергии прилива в недра Земли на глубину 1219.67 км является поводом выделить толщу Главной колебательной системы (ГКС), а все тектонофизические исследования литосферы продолжать с учётом этого выделения (M0 = 1219.67 км, табл. 2).

Таблица 2. Граничные параметры первых 11мод модели расслоения ГКС.

№ моды	M0	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10
Длина, км	1219.67	609.83	304.92	152.46	76.23	38.11	19.06	9.53	4.76	2.38	1.19

При анализе табл. 1 и 2 приходим к выводу, что расчётное значение моды M5 для модели расслоения ГКС соответствует моде M0 в модели ЗКПБ. В расчётах граничных параметров модели расслоения ЗКПБ [5] (табл. 1) за точку отсчёта (раздел «кора-мантия») из [7] было взято значение 42±2 км. О мощности ЗКПБ есть и другие мнения. По результатам дешифрирования ГСЗ и МОВЗ, снизу она ограничена глубиной 39-44 км [6]. В модели строения ЗКПБ по данным ОГТ эта граница установлена на глубине 36 км с оговоркой, что «…если внести поправку в значения средней скорости $V_{ср}$, то глубина этой границы увеличится на 2-3 км, в результате чего будет достигнуто большее соответствие с данными МОВЗ, МРС и ГСЗ» [1]. Если бы при моделировании [5] выбор значения мощности ЗКПБ по какой-либо причине пал на $M0_{ЗКПБ}$ = 38 км (табл. 3), то получилось бы почти идеальное совпадение со значением $M5_{ГКС}$ = 38.11 км (табл. 2), которое было получено через 4 мес. при вычислении граничных параметров модели расслоения ГКС. Примечательно, что при попытках подстановки в модель расслоения ЗКПБ граничных параметров, вычисленных на основании других исходных значений M0 (отличных от M0 = 42 км, табл. 3), качество модели (точность попадания «новых» модельных границ в интервалы с проявлениями «всплесков» динамических эффектов в породах эталона – разреза Кольской СГС [6]) заметно снижалась по сравнению с параметрами, рассчитанными от M0 = 42 км [5], которое, по-видимому, оказалось максимально близким к истинному 42.5-43.5 км.

Расслоение земной коры имеет глобальный характер. Геометрическая форма каждого блока уникальна. Скорее всего, не может существовать двух блоков с одинаковыми характеристиками элементов расслоения. Мощность оболочки ГКС не является постоянной из-за вариаций плотности вещества. Если принять $M0_{ЗКПБ} \approx M5_{ГКС} \approx 42$ км, то в результате «обратного пересчёта» ($M0_{гкс} = 42 \times 2^5$) получим, что значение мощности ГКС под ЗКПБ достигает 1344 км. Если добавить результаты анализа табл. 3, можно прийти к заключению, что при весьма заметных вариациях мощности ГКС Земли, по мере её затухания развивается тенденция к выравниванию значений параметров конечных элементов тектонического расслоения литосферы. На основании приведённых рассуждений приходим к выводу: в момент приливного воздействия вещество в слое ГКС испытывает растяжение вдоль линии, которая соединяет центры масс Земли и Луны. По пространству внешней оболочки Земли ($М_{ГКС} \approx 1219.67$ км) вслед за Луной (под «покровом» прилив-

ной волны) в веществе слоя ГКС мигрирует фронт растяжения-сжатия, который должен сопровождаться эффектами «раскрытия-схлопывания» трещин, плоскости которых ориентированы по нормали к линии растяжения. Этот процесс является главным условием и основной «деталью» механизма возбуждения колебательной системы, затухание которой приводит к тектоническому расслоению литосферы.

Таблица 3. Зависимость расчётных значений граничных параметров расслоения ЗКПБ от выбора исходного значения M0.

M0	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10	M11
36	18	9	4.5	2.25	1.125	0.562	0.281	0.141	0.070	0.035	0.0175
37	18.5	9.25	4.62	2.31	1.156	0.578	0.289	0.144	0.072	0.036	0.018
38	19.0	9.5	4.75	2.375	1.185	0.592	0.296	0.148	0.074	0.037	0.0185
39	19.5	9.75	4.875	2.437	1.219	0.609	0.304	0.152	0.076	0.038	0.019
40	20	10	5	2.5	1.25	0.625	0.312	0.156	0.078	0.039	0.0195
41	20.5	10.25	5.125	2.562	1.281	0.641	0.320	0.160	0.080	0.040	0.020
42	21	10.5	5.25	2.625	1.312	0.656	0.328	0.164	0.082	0.041	0.0205
43	21.5	10.75	5.375	2.687	1.344	0.672	0.336	0.168	0.084	0.042	0.021
44	22	11	5.5	2.75	1.375	0.687	0.344	0.172	0.086	0.043	0.0215

Точное значение мощности ГКС (её среднее значение известно) или земной коры какого-либо из её блоков можно получать путём простых вычислений «в обратном порядке», для чего достаточно иметь сведения о значениях пары «конечных» мод из последовательности расслоения (затухания). Исходная информация получается из результатов профилеметрии (вариации диаметра скважины по разрезу). Место вывала породы из стенок скважины (тектоно-кессонный эффект [3]) соответствует положению узловой точки – концентратора избыточных напряжений. Вариации в размерах вывалов отражают относительные значение напряжений и соответствуют номерам мод: чем меньше номер, тем «длиннее» мода и больше вывал. Оптимальным для анализа может служить любой скважинный интервал, ограниченный несколькими (≥ 4-6, но чем их больше, тем точнее результат) породными вывалами разного размера. Основное требование состоит в том, чтобы скважина была пройдена в однородной по составу и генезису породной толще без несогласий тектонического (зоны дробления) или стратиграфического (смена режимов осадконакопления) характера.

Выводы

- Установлены основные детали механизма волнового контроля (затухающего поля стоячих волн) над геодинамическими процессами (тектонического расслоения в т.ч.) в земной коре.
- Определена приблизительная глубина (1200±300 км) возможного проникновения энергии лунного прилива в земные недра, ограничивающая возможности волнового контроля.
- Предложен точный и простой метод вычисления ряда значений граничных параметров тектонического расслоения блока земной коры по результатам скважинной профилеметрии: обратным пересчётом от минимальных значений конечных элементов расслоения (у поверхности) к начальным.
- Описанные приёмы могут быть использованы для создания моделей расслоения геологических объектов с целью предсказания локализации опасных участков при проходке горных выработок.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Березовский Н.С., Галдин Н.Е., Кузнецов Ю.И. Геофизическое исследование сверхглубоких скважин (Кольской и Новоелховской) как основа интерпретации геологического строения кристаллического фундамента. Тверь: Изд-во АИС, 2006. 395 с.
2. Горная энциклопедия. http://www.mining-enc.ru/z/zemlya.
3. Горяинов П.М., Давиденко И.В. Тектоно-кессонный эффект в массивах горных пород и рудных месторождений – важное явление геодинамики // Докл. АН. 1979. Т. 247. № 5. С. 1212-1215.
4. Грушинский Н.П., Сажина Н.Б. Гравитационная разведка. Учебник для техникумов. М.: Недра, 1981. 391 с.
5. Ильченко В.Л. Тектоно-стратиграфическая модель блока земной коры как колебательной системы на примере Печенгского блока, Кольский п-ов // Вестник Кольского НЦ РАН. 2012. № 1. С. 177-182.
6. Кольская сверхглубокая. М.: Изд-во Технонефтегаз, 1998. 260 с.
7. Трипольский А.А., Шаров Н.В. Литосфера докембрийских щитов северного полушария Земли по сейсмическим данным. Петрозаводск: Изд-во КарНЦ РАН, 2004. 159 с.

ИДЕНТИФИКАЦИЯ ЛИТОЛОГИЧЕСКИХ РАЗНОСТЕЙ ПОРОД ГЕОРАДАРНЫМИ ТЕХНОЛОГИЯМИ

Калашник А.И.[1], Казачков С.В.[2], Сохарев В.А.[2], Дьяков А.Ю.[1]

[1] Горный институт КНЦ РАН, Апатиты, kalashnik@goi.kolasc.net.ru

[2] ОАО «Ковдорский ГОК», Ковдор

Активное развитие георадиолокации и создание современных высокопроизводительных георадарных аппаратных систем даёт основания полагать, что неразрушающее подповерхностное георадиолокационное зондирование может эффективно использоваться для исследования состояния и структуры горно-геологических систем. Опыт проведения таких работ с получением уникальных результатов в виде радарограмм и интерпретированных данных получен при исследованиях на рудниках Кольского п-ова [2-4]. Доказана высокая информативность георадарных определений наряду с оперативностью и малозатратностью, целесообразность изучения георадарными работами межскважинного пространства в целях уточнения и информативности геологических разрезов.

В геологии георадары могут использоваться для определения структуры массива пород, обнаружения полостей, кварцевых гнезд, интрузий и т.п.; локализации природных и техногенных разрывных нарушений в законтурном массиве, слоистости, неоднородности и пр. [1]. Важной задачей является идентификация литологических разностей пород и их пространственной изменчивости. Для этих целей проведены экспериментальные георадарные исследования законтурного массива в карьере «Железный» Ковдорского ГОКа. Применены специальные технологии на участке возле здания РДКК (горизонты +40, +94, +140, +165, +220 м) и участке ЦПТ (горизонты +190 и +200 м). Всего выполнено 78 георадарных профилей общей протяженностью около 11 км, в том числе 67 радарограмм (общей протяженностью 7 км) для приповерхностного зондирования (до 40 м), и 11 радарограмм (общей протяженностью 4 км) для глубинного зондирования (до 200 м). На рисунке 1 дан фрагмент георадарного профиля на уступе +40м участка РДКК.

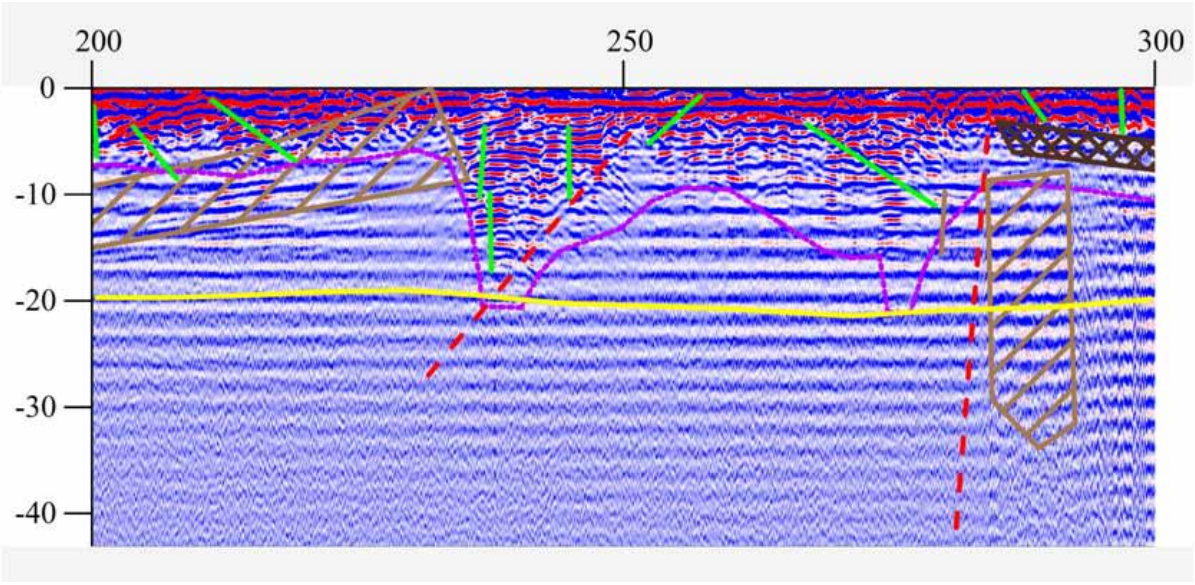


Рис. 1. Фрагмент профиля 1344 горизонт +40м, участок РДКК.

Как видно, приповерхностная зона профиля до 4 м (раздробленный слой пород) характеризуется равномерной волновой картиной с небольшим количеством наклонных трещин. Следующий слой мощностью 15 м соответствует разуплотненным породам и, далее, с глубины 20 м, породы менее разуплотнены. На интервале 230-250 м профиля отмечаются три субвертикальных трещины с изменением формы сигнала электромагнитной волны, где по косвенным признакам проходит разлом. На профиле также выделяются две геологические структуры: первая на интервале 200-230 м с глубины 15 м мощностью 7-10 м, выходящая под углом 15° на поверхность, и вторая субвертикальная от 284 до 291 м с глубины от 9 м до 33 м. При этом вторая структура разделяет в вертикальной плоскости массив пород на две зоны массива с различными электрофизическими свойствами (видимо, зоны пород с различными литологическими

разностями). В конце профиля на интервале 285-300 м контрастно выделяется зона на глубине от 3 до 7 м, мощностью 3 м, которая приурочена к зоне структурного нарушения.

На основе георадарных исследований уступов на участке ЦПТ построен ряд радарограмм, выполнены анализ волновой картины и интерпретация с точки зрения выделения геологических структур, идентификации дислокаций и литологических разностей пород. На рисунке 2 дана радарограмма, характеризующаяся наличием различных геологических структур и дислокаций. Приповерхностная зона профиля до 4 м характеризуется равномерной волновой картиной и соответствует раздробленным, но уплотненным породам. Далее до глубины 20 м выделяется слой, в пределах которого породы имеют другие электрофизические свойства, что может быть обусловлено их разуплотнением вследствие разгрузки от первоначальных гравитационно-тектонических напряжений. Ниже 20 м идентифицируются породы с иным напряженно-деформированным состоянием.

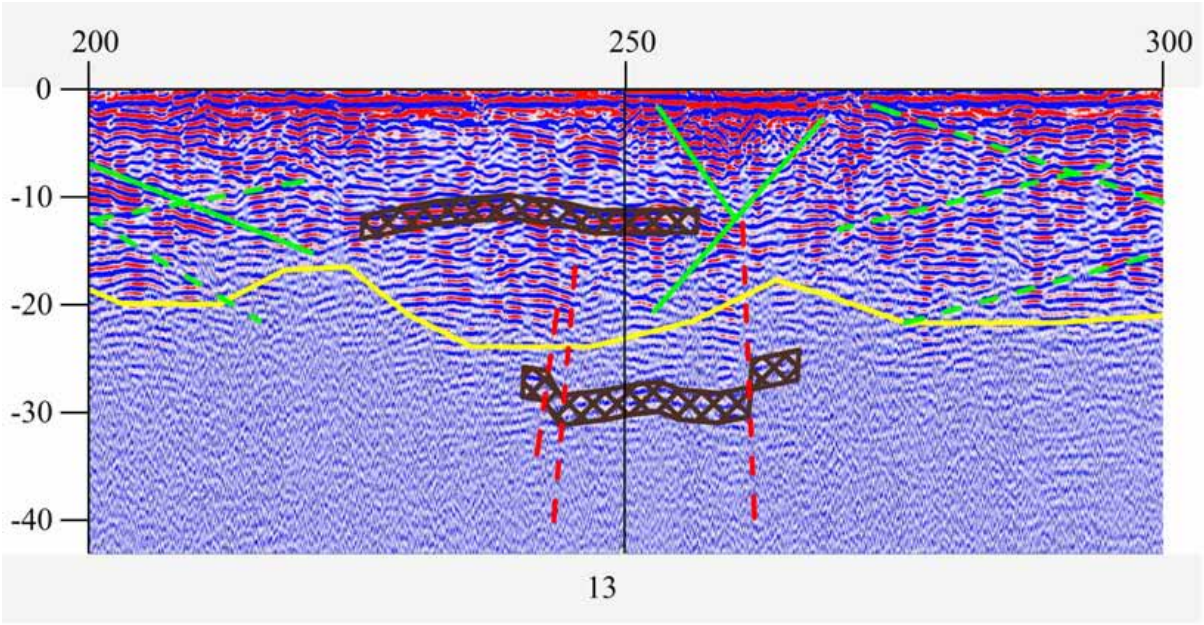


Рис. 2. Фрагмент профиля 1470, горизонт +190 м, участок ЦПТ.

На радарограмме также идентифицируются следующие геологические структуры / зоны и дислокации. В начале профиля на глубине 8 м прослеживается трещина с углом падения 22° до глубины 17 м. На интервале 250-270 м выделяются две пересекающиеся на глубине 11 м трещины. На профиле также выделяются две структуры (пересекающаяся штриховка), схожие по электрофизическим свойствам, которые могут быть приурочены к зонам структурного нарушения. Первая – на интервале 225-255 и глубине 13, мощностью 2 м, расположена субгоризонтально в плоскости профиля, вторая – на интервале 240-265 и глубине 31, мощностью 3 м, разорвана двумя разломами в левой и одним разломом в правой ее части, со сдвигом центральной части вниз.

Глубинное зондирование выполнялось с использованием георадарного комплекса «ЛОЗА-1Н», с заданной глубиной профилирования около 200 м. На рисунке 3 дан фрагмент радарограммы, полученной в результате камеральной обработки исследований уступа гор. +40 м участка РДКК рудника. Анализ и интерпретация радарограммы позволяют сделать следующие выводы. Волновая картина характеризуется неоднородностью в изменчивости границ подповерхностных структур и наличия структурных дислокаций / аномалий. По глубине георадарного профиля четко выделяются слои различной мощности: 4-5, 5-10, 20-60 и основной массив. Приповерхностный слой составляет примерно 4-5 м глубины профиля и представляет собой раздробленные породы. Далее следует слой мощностью 5-10 м, в пределах которого породы разуплотнены и имеют более раскрытую, в сравнении с основным массивом, трещиноватость. В пределах этого слоя на интервалах 25-17 и 300-330 м выделяются пологие (в плоскости профиля) геологические структуры. Граница между этим и следующим слоями изменяется в диапазоне 10-15 м глубины профиля.

Следующий (третий сверху) слой мощностью от 20 до 60 м на различных участках имеет более сложную градиентную картину, обусловленную, по-видимому, наличием большого числа геологических

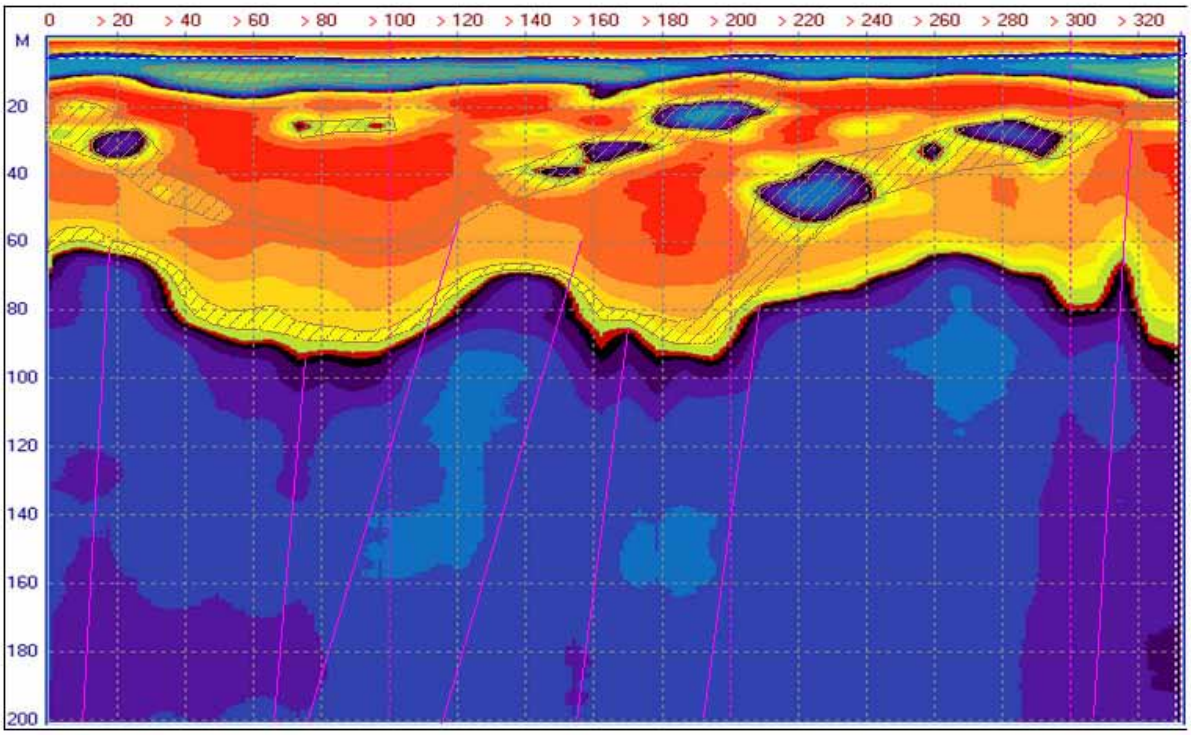


Рис. 3. Радарограммный профиль глубинного профилирования, гор. +40 м, участок РДДК.

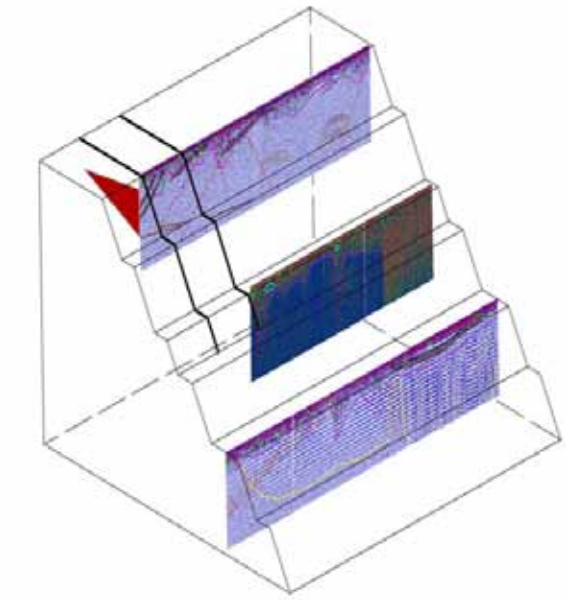


Рис. 4. Схема борта карьера с радарограммами по уступам.

структур (выделены штриховкой), неоднородностью напряженно-деформированного состояния пород, а также наличием подземных вод, имеющих градиент порового давления. Нижняя граница контрастна, изменчива и прослеживается на глубинах от 60 до 90 м. Далее следует основной массив горных пород, в котором волновая картина также имеет градиентные изменения, обусловленные литологическими разностями пород, естественными зонами разуплотнения и другими факторами. Для наглядности параллельные радарограммы по уступам сведены на схему борта карьера (рис. 4). Видно, что на второй и третьей (сверху) радарограммах в правой их части контрастно выделяются зоны, соответствующие иной, в сравнении с основным массивом, литологической разности пород. Можно предположить, что с глубиной зона этой литологической разности пород увеличивается в размерах. На верхней радарограмме зона не идентифицируется.

Таким образом, георадарными исследованиями выявлены особенности структуры и состояния массива, имеющие подтверждения бурением:

- слоистость (зональность) массива на глубинах до 4, 20 и 40-60 м (может быть обусловлена неравномерным напряженным состоянием, неоднородностью пород, распределением грунтовых вод);
- градиентность волновой картины, отражающей неравномерное состояние массива пород, в том числе различие и изменчивость литологических разностей (на глубинах от 40 до 200 м – принятая глубина георадарных определений);
- наличие пологопадающих дислокаций, выделяемых на основе анализа радарограмм на гор. +40, +120, +140 и +220 м;
- наличие субвертикальных и наклонных структур, прослеживающихся на всех уступах участка РДКК.

Корреляция результатов приповерхностного и глубинного георадарного зондирования для выделяемых в массиве литологических разностей пород очевидна, но каждый метод в отдельности позволяет выявить те или иные особенности в структуре массива. Поэтому методы приповерхностного зондирования предпочтительно применять при исследовании структуры массива до глубин 20-30 м и решения соответствующих горнотехнических задач (устойчивость приконтурных пород, обоснование параметров буровзрывных работ), а методы глубинного зондирования – при исследовании структуры массива пород до глубин 150-200 м и решения соответствующих горнотехнических задач (устойчивость уступов и борта карьера в целом, дифференцированное и детализированное дополнение данных скважинного бурения, задачи гидрогеологии). Вместе с тем, приповерхностное и глубинное зондирования информативны при выявлении зон с различными разностями пород, напряженно-деформированного и водонасыщенного состояния.

Для решения задач устойчивости уступов и борта карьера, обоснования параметров буровзрывных работ, задач гидрогеологии и др. целесообразно проведение георадарных исследований и на других, в том числе апатито-штаффелитовых, участках карьера с учетом сезонного воздействия на состояние массива, а также для выявления динамики состояния массива вследствие техногенного воздействия (массовые взрывы, подвигание фронта работ, изменения контура борта).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Андриянов А.В., Астанин Л.Ю., Багно Д.В. и др. Вопросы подповерхностной радиолокации. Петрозаводск: Изд-во «Радиотехника», 2005. 416 с.
2. Калашник А.И, Запорожец Д.В, Дьяков А.Ю. и др. Подповерхностное георадарное зондирование горно-геологических сред Кольского п-ова // Вестник МГТУ. 2009. С. 576-583.
3. Мельников Н.Н., Калашник А.И. Инновационные георадарные технологии изучения подповерхностной структуры и состояния природно-технических систем // Вестник КНЦ РАН. 2010. № 3. С. 4-8.
4. Melnikov N.N., Kalashnik A.I., Kalashnik N.A. Open-pit bench state assessment using georadar technologies // Proc. XIth National Conf. on the Open and Underwater Mining of Minerals. Varna, Bulgaria, 19th – 23rd of June, 2011. Scientific and Technical Union of Mining, Geology and Metallurgy. 2011. P 300-304.

КЛАССИФИКАЦИЯ ТЕХНОГЕННОГО МИНЕРАЛЬНОГО СЫРЬЯ

Каменев Е.А.

Петрозаводский государственный университет, Петрозаводск

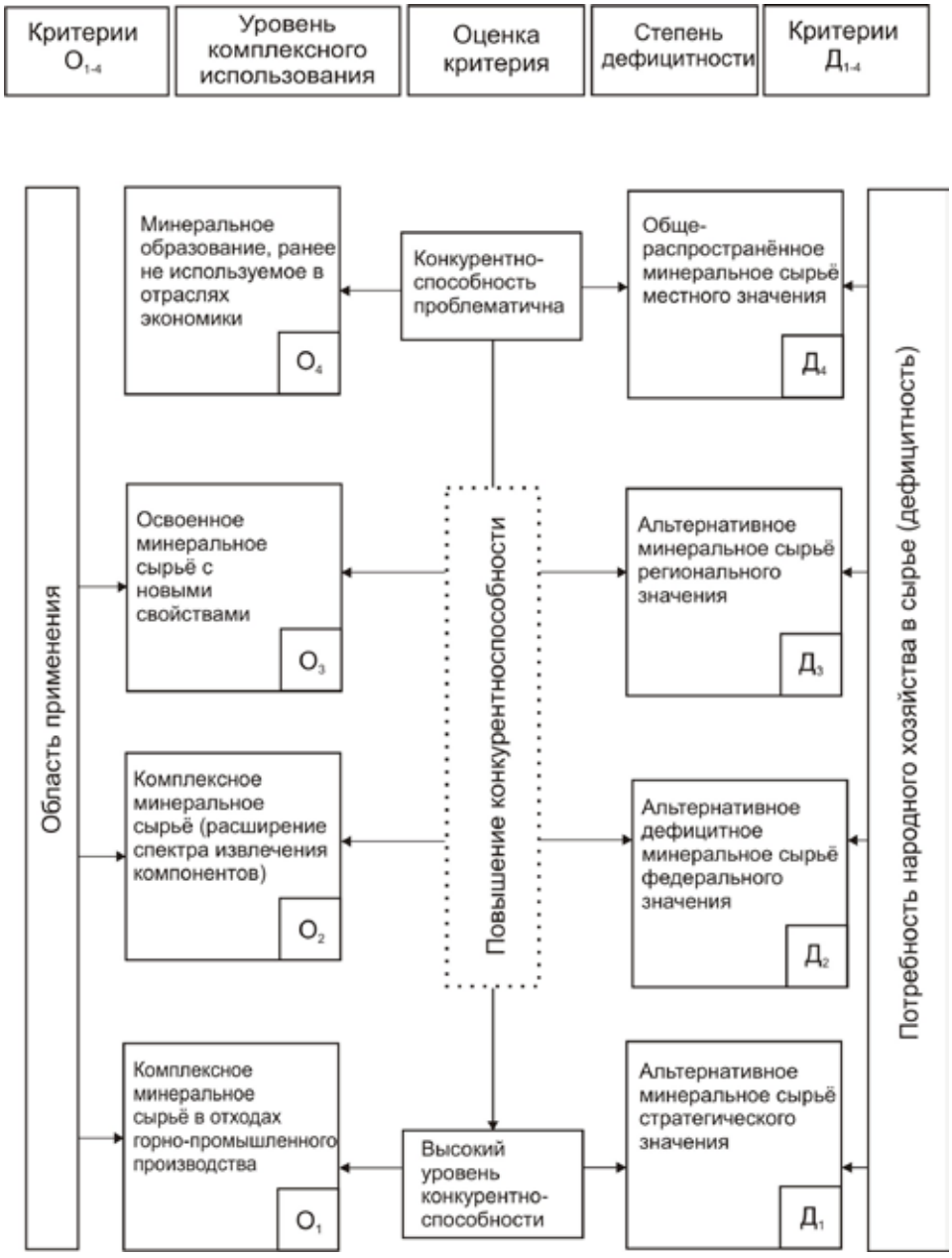
Экспотенциальный рост народонаселения сопровождается ещё большими темпами увеличения потребностей в продуктах переработки минерального сырья. Проблема обеспечения будущих поколений освоенными видами природных ресурсов обострилась на стыке тысячелетий. В общественном сознании прочно утвердились пессимистические настроения, основанные на представлениях о минеральных ресурсах, которые являются не возобновляемыми в природных условиях, ограниченными по геолого-экономическим соображениям или вообще не имеющими альтернативных заменителей на конкретном историческом этапе развития цивилизации (энергоносители, фосфаты и др.).

Сторонники гипотезы о «неисчерпаемости недр» уповают на абсолютную неограниченность минеральных ресурсов в земной коре и достижения научно-технического прогресса в области добычи и переработки полезных ископаемых. Но приверженцы обеих концепций сходятся во мнении, что одним из путей преодоления минерально-сырьевого кризиса является освоение нетрадиционных видов минеральных ресурсов - «... природных, антропогенных и техногенных видов сырья, которые в современных технико-экономических и социальных условиях пока не нашли широкого применения» [1]. Из принятого определения следует, что обоснование целесообразности вовлечения техногенного сырья в промышленную эксплуатацию требует уточнения, пересмотра методов и приёмов технологической и геолого-экономической оценки.

Автором предложен вариант многофакторной классификации техногенного минерального сырья, основанной на оценке его народнохозяйственного значения по критериям: области применения и потребность (дефицитность) в сырье; геологическая и технологическая изученность; масштабы ресурсов (обеспеченность запасами) и качество сырья (содержание компонентов, потребительские свойства).

1. Классификация техногенного сырья по областям применения и потребительским свойствам основана на оценке конкурентоспособности использования (табл. 1-3). Высокому уровню конкурентоспособности соответствует комплексное техногенное сырьё в отходах горно-обогатительных и химико-металлургических предприятий ($О_1$– $О_2$), имеющее стратегическое (федеральное) значение ($Д_1$) или являющееся дефицитным ($Д_2$). К техногенному сырью, конкурентоспособность использования которого в отраслях народного хозяйства проблематична, относятся полезные ископаемые с новыми свойствами или областями применения ($О_3$) либо до настоящего времени невостребованное народным хозяйством ($О_4$), а потребность в них (дефицитность) проявляется на региональном ($Д_{3)}$ или местном ($Д_4$) уровнях.

Таблица 1. Классификация техногенного минерального сырья
по областям применения и степени дефицитности.



2. По степени геологической и технологической изученности техногенные ресурсы подразделяются на группы:

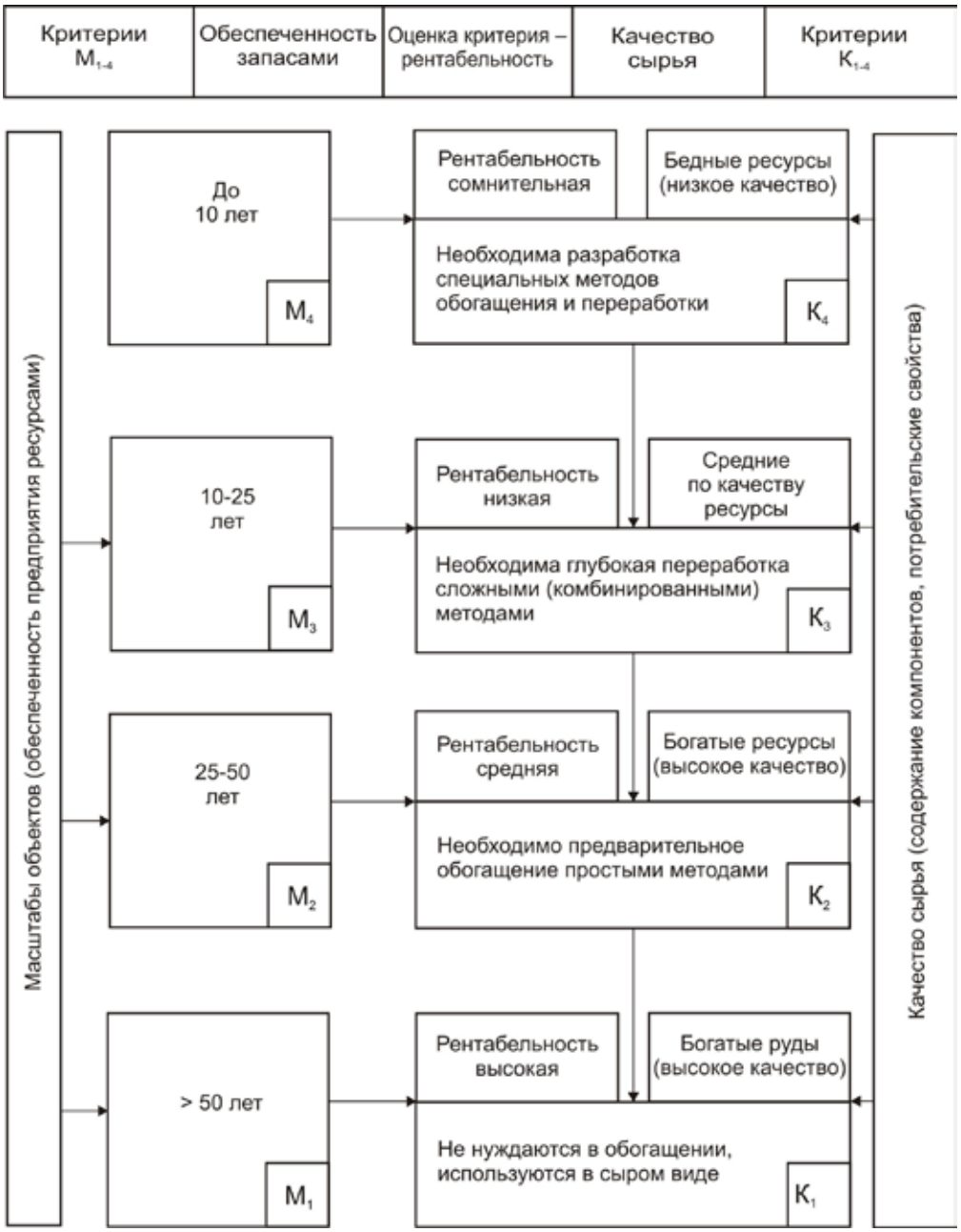
– доказанные ресурсы (количество и качество ресурсов установлено – $Г_1$, технология переработки освоена в промышленном масштабе – $Т_1$);

– вероятные ресурсы (геологическая оценка предварительная – $Г_2$, технология проверена в опытно-промышленном масштабе – $Т_2$);

– предполагаемые ресурсы (оценены на поисковой стадии, не изучены в геологическом отношении – $Г_3$, технология изучена на лабораторной стадии или принимается по аналогии с близким по свойствам сырьём – $Т_3$);

– возможные ресурсы (выявление ресурсов теоретически обосновано – $Г_4$, технология переработки предполагается по аналогии с освоенными схемами).

Таблица 2. Классификация техногенного минерального сырья по масштабам ресурсов и качеству (потребительским свойствам).



3. По масштабам запасов (обеспеченности предприятия сырьевой базой) и качеству сырья (потребительским свойствам) ресурсы оцениваются по ожидаемому уровню рентабельности на группы:

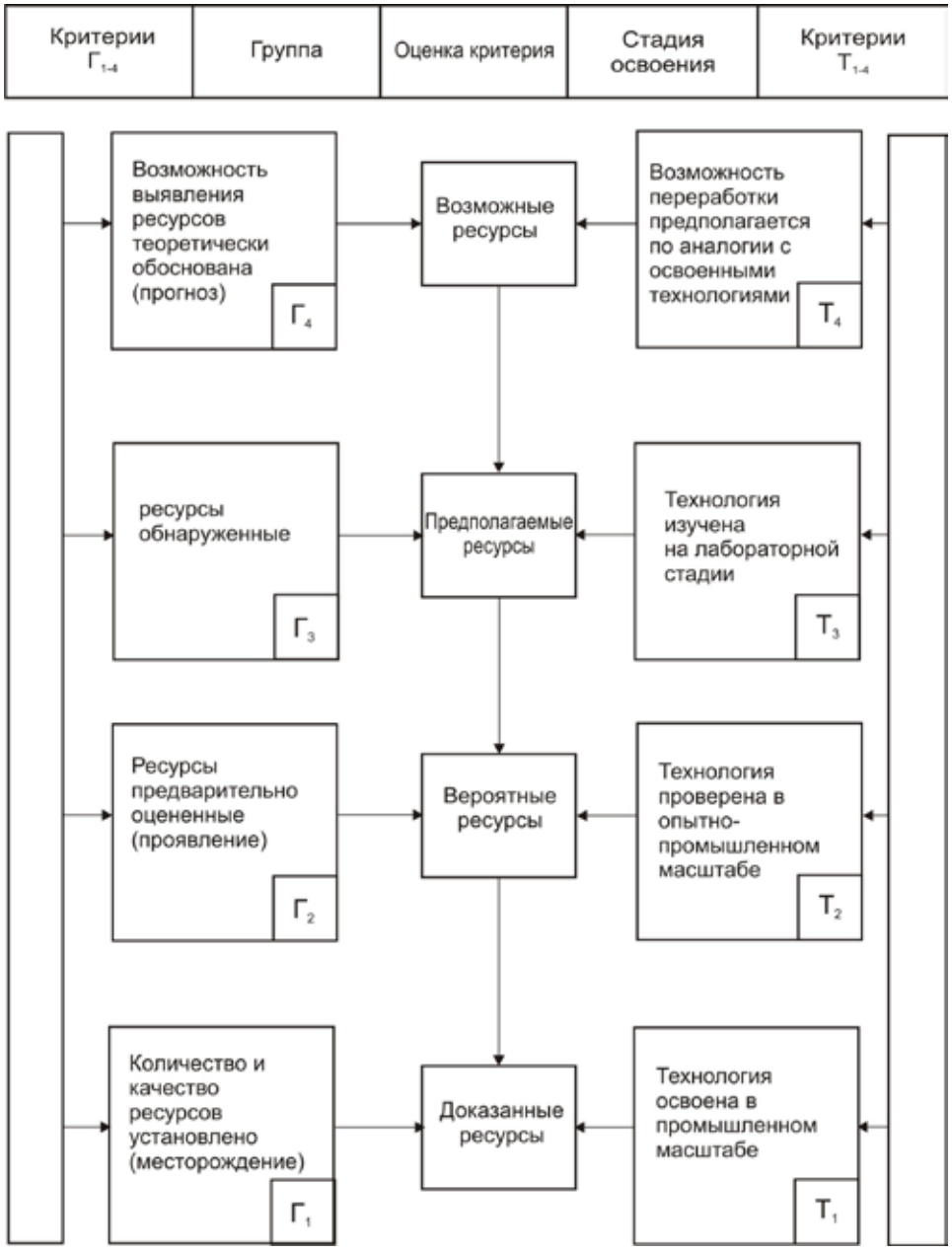
– рентабельность высокая (обеспеченность более 50 лет – $М_1$, сырьё с высокими потребительскими качествами – $К_1$ и может быть использовано в сыром виде без предварительного обогащения);

– рентабельность нормативная для соответствующей подотрасли (обеспеченность оценивается в 25-50 лет – $М_2$, качество сырья высокое, необходимо предварительное обогащение простыми методами без применения комбинированных технологических схем – $К_2$);

– рентабельность низкая (обеспеченность 10-25 лет – $М_3$, качество сырья среднее, требующее глубокой переработки сложными комбинированными методами – $К_3$);

– рентабельность сомнительная (обеспеченность менее 10 лет – $М_4$, сырьё низкокачественное, его обогащение и переработка невозможны без применения специальных методов и схем – $К_4$).

Таблица 3. Классификация техногенных минеральных ресурсов по степени геологической и технологической изученности.



Предлагаемая группировка техногенного минерального сырья, основанная на использовании в качестве оценочных критериев ряда связанных показателей, является многофункциональной, с учётом изменения этих показателей во времени – динамичной, поскольку обеспечивает возможность слежения за изменением оценочных показателей. Её работоспособность показана на примерах «лежалых» хвостов обогащения апатито-нефелиновых руд ОАО «Апатит» и освоенных в промышленном масштабе отходов обо-

гащения комплексных магнетит-апатит-бадделеитовых руд ОАО «Ковдорский ГОК» (табл. 4). По мере выявления потребностей экономики в альтернативном сырье, повышения степени геологической изученности и технологической освоенности следует ожидать ротацию позиции, занимаемой исследуемым объектом в классификационной системе.

Таблица 4. Применение классификации к отходам обогащения руд ОАО «Апатит» и ОАО «Ковдорский ГОК».

Критерий	Параметры оценки критерия	ОАО «Апатит»	ОАО «Ковдорский ГОК»	
			До начала освоения	После освоения
Область применения	Комплексное минеральное сырьё в хвостохранилищах ГОКов	$О_1$	$О_2$	$О_1$
Степень дефицитности	Альтернативное минеральное сырьё федерального значения	$Д_2$	$Д_3$	$Д_{1-2}$
Геологическая изученность	Доказанные ресурсы Разведанные запасы	$Г_2$ –	$Г_3$, –	– $Г_1$
Технологическая изученность (освоенность)	Изучены в лабораторном масштабе Освоены в промышленном масштабе	$Т_3$ –	$Т_4$ –	– $Т_1$
Обеспеченность запасами	Свыше 50 лет 10-25 лет	$М_1$ –	– $М_4$	$М_3$ –
Рентабельность сомнительная	Необходима глубокая переработка комбинированными способами	$К_4$	Нет данных	–
Рентабельность нормативная	Переработка осуществляется по освоенной технологии	–		$К_3$ (ZrO_2) $К_2$ (P_2O_5)

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Нетрадиционные ресурсы минерального сырья / А.А. Арбатов, А.С. Астахов, Н.П. Лавёров и др. М.: Недра, 1988. 253 с.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КОРРЕЛЯЦИОННЫХ СВЯЗЕЙ МЕЖДУ ОСНОВНЫМИ КОМПОНЕНТАМИ АПАТИТО-НЕФЕЛИНОВЫХ РУД И РЕДКИМИ МЕТАЛЛАМИ ДЛЯ ПОДСЧЁТА ЗАПАСОВ

Каменев Е.А.

Петрозаводский государственный университет, Петрозаводск

Комплексное использование минерального сырья на рациональной экономической основе с учётом экологических ограничений рассматривается как важнейший реальный (применительно к рудам хибинских месторождений – потенциальный) резерв обеспечения потребностей общества в дефицитных видах продукции и сохранения резерва для будущих поколений. В материалах ранних периодов разведки Хибинских месторождений отсутствовала информация о содержаниях стратегических редких металлов, входящих в состав апатита (Sr, Y, TR) и нефелина (Ga, Rb, Cs). Подсчёт запасов как комплексного сырья представлялся неразрешимой задачей. С целью восполнения информации автором разработана и реализована новая методика определения содержаний редких металлов, основанная на использовании их корреляции с содержаниями P_2O_5 и Al_2O_3. Суть методики заключалась в следующем:

- выявление корреляционных связей между содержаниями P_2O_5 и Al_2O_3 (базовые признаки) и каждым из редких металлов (зависимые признаки) на эталонных совокупностях рудных проб, представляющих все природные типы руд;
- создание корреляционно-регрессивных моделей по каждому типу руд на основе математической обработки результатов химических и минералогических анализов специально организованных эталонных проб, представляющих каждое месторождение в отдельности;

- количественная оценка содержаний химических компонентов и минералов в каждом изучаемом объекте (пробе, рудному пересечению, подсчётному блоку) для восполнения отсутствующих аналитических данных.

Подобный подход предполагает определение каждого типа руд как статистической системы, характеризующейся более сильными внутренними связями, чем внешними. В качестве переменных такой системы приняты содержания главных минералов – апатита, эгирина, нефелина и сфена, которые в сумме составляют 94-97 %. Таким образом, каждый тип руды представляет 4-компонентную систему. Принимая за базовые признаки содержания P_2O_5 и Al_2O_3, компонентов, определяющих содержания апатита и нефелина, систему условно можно свести к 3-компонентной системе. Математическая модель связи базовых и зависимых признаков описывается уравнением вида:

$$C = a_o + a_1 \cdot P_2O_5 + a_2 \cdot Al_2O_3$$

где C – содержание зависимого признака; P_2O_5 и Al_2O_3 – содержания базовых признаков; a_o, a_1, a_2 – коэффициенты линейной регрессии. Последовательность выполнения операций по реализации методики:

- отбор эталонных проб, их геологическая документация. В качестве эталонных использовались штуфные пробы природных типов руд и разновидностей пород, отобранные из карьеров и горных выработок, рядовые керновые пробы разведочных скважин. По составу пробы характеризуют все классы содержаний P_2O_5 в каждом типе руд, а по месту отбора охватывают верхние, средние и глубокие горизонты месторождений, их центральные и фланговые зоны, что обеспечивает представительность опробования. Масса штуфных проб 20-30 кг, керновых 5-10 кг. Эталонная совокупность для построения статистических моделей включала более 3,3 тыс. проб, отобранных пропорционально распространенности типов руд;
- выполнение химико-минералогических анализов эталонных проб и изучение качественных характеристик руд на основе статистической обработки результатов анализов;
- разделение совокупности эталонных проб на основную и контрольную;
- выявление корреляционных связей по обучающей совокупности эталонных проб;
- расчёт содержаний минералов и компонентов по контрольной совокупности проб на основе выбранных статистических моделей и сопоставление расчетных данных с результатами минералогических и химических анализов.

Набор программ обеспечивает обработку статистических выборок для каждого типа руд и пород, а при необходимости и по классам содержаний любого признака. Таким образом, программа обработки эталонных проб предусматривает создание математической модели выделенной совокупности типов руд и пород, включающей: статистические параметры (среднее содержание признака, дисперсию, коэффициент вариации, доверительный интервал, т.е. ошибку определения среднего), матрицы коэффициентов корреляции, уравнения парной и множественной линейной регрессии для заданных признаков, коэффициенты множественной корреляции.

Взаимосвязи между минералами и компонентами для руд и пород оценивались по эмпирическим уравнениям регрессии с разбивкой на классы содержаний базовых признаков (P_2O_5 и Al_2O_3), затем по парным и множественным уравнениям регрессии. Расчеты выполнялись на уровне значимости 0.05, что позволило получить чёткое представление о количественном минеральном и химическом составе руд. С целью выбора уравнений парной регрессии для расчёта содержаний минералов и рудных компонентов сформированы выборки апатито-нефелиновых руд по классам содержаний P_2O_5 и Al_2O_3. В каждом классе определялось среднее значение признаков и доверительный интервал средних при 95 % доверительной вероятности. Интервал классов изменялся в зависимости от количества проб в классе методом «скользящего среднего» (т.е. 1-3, 2-4, 3-5 % и т.д.). Оценивалась возможность использования для расчётов содержаний минералов и компонентов общих уровней регрессии для совокупности природных типов руд в широких диапазонах классов 0-8, 8-16, 16-22, 22-32 и 32-40 % P_2O_5.

Установлено, что руды сложного состава с изменчивым распределением главных минералов (рудные брекчии, руды, обогащённые сфеном и титаномагнетитом) характеризуются иными зависимостями. Выявленные связи для отдельных месторождений оказались настолько близкими между собой, что появилась возможность применения уравнений регрессии, рассчитанных по общей совокупности эталонных проб, отобранных на разных месторождениях. При анализе графиков распределения содержаний главных рудных минералов по классам содержаний P_2O_5 и Al_2O_3 обнаруживаются изменения линейных зависимостей признаков на интервалах разных классов, причём точки перегибов для базовых признаков (P_2O_5 и Al_2O_3)

совпадают. При сужении класса ослабевают корреляционные связи между признаками. Для руд с ослабленными связями (коэффициент множественной корреляции < 0,6) для оценки содержаний минералов и компонентов использовались средние значения по классам базового признака P_2O_5.

Для подсчёта запасов минералов и компонентов разработана программа «Расчет содержаний по уравнениям регрессии», которая дополняет существующую запись по каждой пробе и формирует полученные данные в виде, необходимом для автоматизированной обработки материалов на компьютере. Программой работ предусматривалась проверка расчётных оценок содержаний искомых признаков по результатам прямых минералогических и химических определений по контрольной совокупности эталонных проб. Результаты анализов по контрольным пробам не использовались при расчёте парных и множественных уравнений регрессии. Одна часть скважин, предназначенных для контроля работоспособности методики, вошла в состав подсчётного блока категории А, другие характеризовали разные части месторождения. В первом случае величины расхождений между расчетными и аналитическими данными оценивалась по запасам блока, во втором – по средним содержаниям минералов и компонентов по выборкам.

Среднее абсолютное расхождение характеризует разность средних содержаний по расчётным и аналитическим данным. Среднее относительное расхождение показывает величину отклонений средних содержаний компонентов при подсчёте запасов с использованием только расчётных и только аналитических данных. Возможные единичные отклонения содержаний компонентов по парам сопряженных проб оцениваются по величине среднеквадратического расхождения. Контрольная проверка расчётных данных по независимой совокупности проб в сравнении с результатами прямых лабораторных определений показала сходимость, вполне удовлетворяющую требованиям к подсчёту запасов. Методика оценки содержаний минералов и полезных компонентов по корреляционным связям с базовыми признаками P_2O_5 и Al_2O_3 апробирована экспертно-техническим советом Государственной комиссии по запасам полезных ископаемых и внедрена в практику подсчёта запасов редких металлов, содержащихся в комплексных рудах хибинских месторождений. Запасы стратегических редких металлов (стронция, редких земель) в апатите хибинских месторождений составляют преобладающую часть в балансах запасов России.

Условный экономический эффект применения новой методики рассчитывался по разнице затрат на повторную перебурку только рудных интервалов по скважинам ранней разведки и затрат на проведение дополнительных лабораторных исследований по совокупности эталонных проб. Области применения уравнений регрессии для изучения минерального и химического состава апатито-нефелиновых руд не ограничиваются только подсчётом запасов. Они могут успешно использоваться для замены трудоёмких экспресс-анализов при планировании и учёте добычи и переработки руд на действующих рудниках и фабриках, прогнозировании вещественного состава руд перспективной добычи на любой заранее заданный период, прямых и обратных химико-минералогических пересчётах состава апатито-нефелиновых руд.

ГЕОХИМИЯ ЦИРКОНОВ ИЗ АНОРТОЗИТОВ ЯВРОЗЕРСКОГО МАССИВА ПОЯСА ТАНА

Каулина Т.В., Нерович Л.И., Лялина Л.М.

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

В поясе Тана, Кольский п-ов, выделяются анортозиты двух возрастных групп: 2.45 (Пыршин, Колвицкий и Кандалакшский) и 1.91-2.1 млрд. лет (Васкайоки, Вулвара и Яврозерский) [1-4]. Обеднение тяжелыми РЗЭ и положительные значения εNd свидетельствует о большей глубине генерации первичных магм свекофеннских анортозитов по сравнению с сумийскими [5].

Яврозерский массив на границе между амфиболитами пояса Тана и кристаллосланцами Лапландского гранулитового пояса представляет собой крупное пластовое тело мощностью около 600 м, вытянутое в СВ направлении, и прослеживается на 17.5 км. Контакты с вмещающими породами сильно тектонизированы, установить их первичную природу невозможно. Внешне анортозиты представляют собой серые и светло-серые, мелко- и равномернозернистые породы преимущественно полосчатой текстуры. Тонкие параллельные полоски (до 4 см) сложены моноклинным пироксеном, амфиболом и гранатом. Изредка породы имеют видимую массивную текстуру. Краевые части тела рассланцованы сильнее, сланцеватость в анортозитах параллельна контактам с вмещающими породами и сланцеватости в них. В пределах массива наблюдаются переходы от мономинеральных анортозитов к габбро-анортозитам.

Магматический парагенезис фиксируется по реликтам магматического плагиоклаза. Ильменит почти нацело замещен рутилом. От центра массива к краям наблюдается нарастание метаморфических преобразований пород. Плагиоклаз в наименее измененных анортозитах представлен 68-76 % An, в более измененных 57-70 % An. Минеральные парагенезисы свидетельствуют о проявлении метаморфизма верхов амфиболитовой – низов гранулитовой фации и последующем диафторическом преобразовании: первая высокотемпературная стадия (Cpx+Pl+Grt±Rt±Ttn) и последующая ретроградная (Pl+Am+Scp). Голубовато-зеленый амфибол замещает клинопироксен и гранат, плагиоклаз становится более кислым и частично замещается скаполитом. Низкотемпературные изменения проявляются в серицитизации плагиоклаза и замещении амфибола хлоритом. Параметры метаморфизма первой стадии, определенные по плагиоклаз-клинопироксен-гранатовому парагенезису – 750-800 °С и 7.5-9 кбар или 790-810 °С по данным В.И. Фонарева с соавторами, параметры ретроградной стадии 700–695ºС и 9–7.6 кбар [6].

В анортозитах Яврозерского массива встречаются четыре типа циркона, содержание которых меняется в зависимости от степени изменения породы. Циркон первого типа, относящийся к магматической генерации (короткопризматические кристаллы, ограненные призмами {100}и {110} и дипирамидами {111}, {311}), составляет более 50% от общего количества циркона в слабоизмененных анортозитах (пробы А-1, А-3) и около 5% в измененных полосчатых анортозитах (проба А-2) (рис. 1). Циркон второго типа, также магматический, составляет 20 % в малоизмененных анортозитах и 10 % в полосчатых (рис. 1). Сходное внутреннее строение в сочетании с постепенными переходами от первого ко второму позволяет отнести оба типа циркона к одной генерации возраста 1945±10 млн. лет (рис. 1). Третий тип циркона (бесцветные прозрачные удлиненные ($К_у$ = 3-6) и часто уплощенные кристаллы) составляет 35 % в полосчатых анортозитах и 15-20 % в неизмененных. Возраст этого циркона 1917±4 млн. лет (рис. 1). Образование циркона этого типа связано с флюидной проработкой анортозитов при метаморфизме, которая сильнее проявилась в краевых, более рассланцованных частях массива.

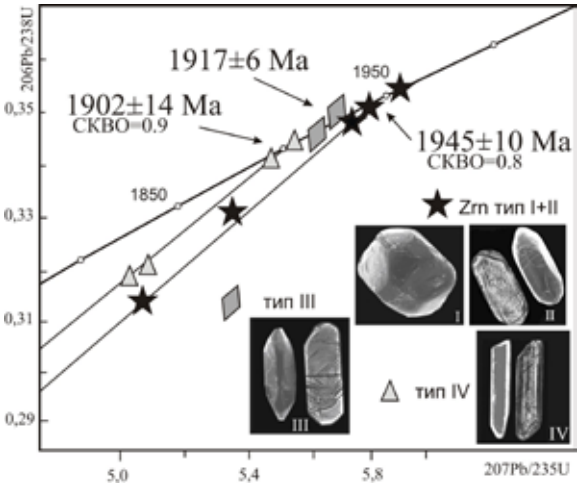


Рис. 1. U-Pb диаграмма с конкордией для разных типов циркона из анортозитов Яврозерского массива.

Циркон четвертого типа (светло- и темно-коричневые кристаллы с комбинацией призмы {110} и дипирамиды {111}) составляет 5 % в неизмененных анортозитах и 50 % в полосчатых. Возраст его 1902±14 млн. лет (рис. 1). Циркон этого типа и возраста описан для всех анортозитовых массивов зоны Тана-Колвица и рассматривается как образующийся в условиях постгранулитового диафтореза.

Внутреннее строение изученных цирконов в режиме катодолюминесценции показывает наличие двойников и специфическую «лоскутную» зональность (рис. 2). Эти признаки могут говорить о нестабильных условиях роста при меняющемся пересыщении расплава. Распределение РЗЭ в цирконе представлено на рис. 2. Сразу можно отметить нетипичное для циркона, особенно для магматического, распределение РЗЭ. Это касается обеднения средними и тяжелыми РЗЭ и несвойственной циркону положительной Eu аномалии. Возможно, это связано с заниженным содержанием Gd и Dy, и тогда можно, скорее, говорить об отсутствии Eu минимума, что обычно отражает окислительную обстановку среды и/или рост в отсутствие плагиоклаза. С другой стороны, положительная Eu аномалия отмечена в цирконе Grt-Cpx прослоев в метаультрабазитах [7], а также в амфиболитовом цирконе эклогитоподобных пород Узкой Салмы [8]. Скорее всего, положительная Eu аномалия является характеристикой циркона, образующегося при распаде плагиоклаза, когда высвобождается большое количество Eu, который в окислительных условиях становится трехвалентным, создавая избыток европия в цирконе. В данном случае, положительная Eu аномалия может говорить о росте циркона при распаде магматического плагиоклаза, а обеднение средними и тяжелыми РЗЭ – о совместном росте с гранатом. Окислительные условия подтверждаются замещением магматического ильменита рутилом. Рост циркона происходил на стадии смены магматического парагенезиса метаморфическим Cpx+Pl+Grt+Ttn+Ap. При этом габитус циркона и участки эвгедральной зональности характерны для магматической кристаллизации анортозитов. Это объяснение хорошо согласуется с геохимической спецификой циркона, но плохо – с его морфологическими особенностями (габитус) и

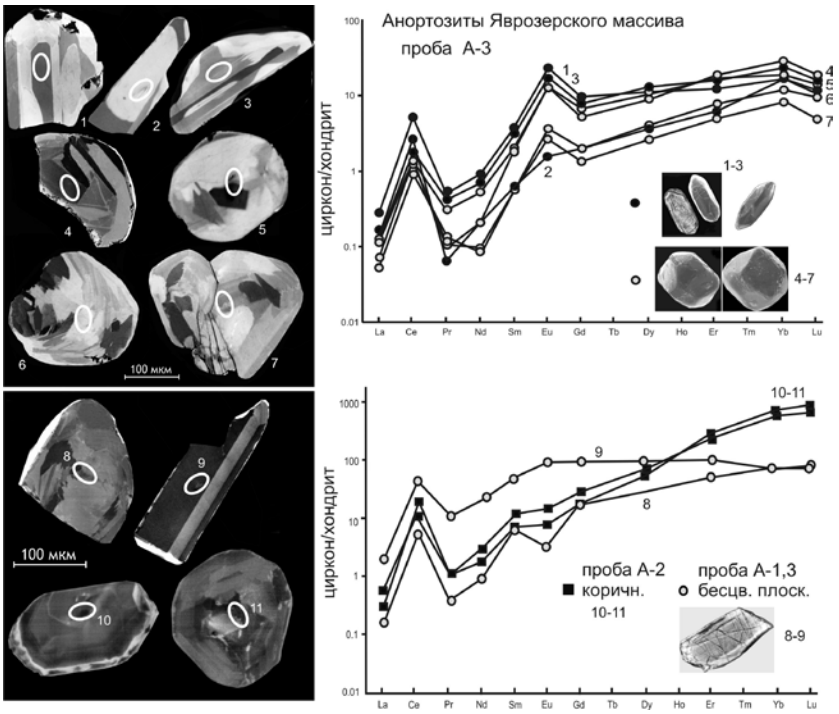


Рис. 2. Распределение РЗЭ в цирконе из анортозитов Яврозерского массива.

внутренним строением (участки эвгедральной зональности). Скорее всего, причина в условиях кристаллизации самого анортозитового массива.

Образование анортозитов тесно связано с гранулитовыми комплексами [9]. Результаты датирования U-Pb, Sm-Nd и Rb-Sr методами анортозитов Васкайоки и вмещающих пород и полевые наблюдения показывают, что завершающая стадия магматической кристаллизации массива сопровождалась гранулитовым метаморфизмом высоких давлений [1, 10, 11]. Возраст циркона из анортозитов Яврозерского массива (1945±10 млн. лет) и время начала гранулитового метаморфизма в ЛГП (1929-1925 млн. лет [12, 13] подтверждают этот вывод. Максимальные температуры начала кристаллизации анортозитов 1250-1300 °С [14]. Температура кристаллизации плагиоклазов в анортозитах оценивается в 1300-900 ºС при давлении > 9 кбар [15]. Температуры гранулитового метаморфизма, определенные по вмещающим кристаллосланцам – 880-913 °С. То есть, существовал очень небольшой разрыв по температуре и времени между магматической кристаллизацией и началом метаморфизма.

Массив такой площади мог остывать до 800 °С около 2-3-х десятков млн. лет. Кристаллизация массива, возможно, не была полностью завершена к моменту гранулитового метаморфизма. По петрологическим данным, гранат-клинопироксеновые парагенезисы в метагаббро кристаллизовались сразу после солидификации расплава при T = 988-1096 °С и P = 11 кбар [16]. Таким образом, кристаллизация циркона в анортозитах происходила в условиях перехода от магматической кристаллизации к гранулитовому метаморфизму, что сопровождалось уменьшением количества расплава, с чем и связано изменение содержания элементов-примесей в цирконе, поскольку они начинали разделяться между цирконом и метаморфическими минералами.

Содержание U и Th при этом не меняется, поскольку только циркон является концентратором этих элементов и скорость диффузии U и Th на 3-5 порядков медленнее, чем РЗЭ. Уменьшение содержания тяжелых РЗЭ в цирконе может быть связано с их более высокими скоростями диффузии по сравнению с легкими [17]. Перераспределение элементов-примесей возможно именно в условиях гранулитового метаморфизма, поскольку благодаря высоким температурам в минералах гранулитов обычно достигается равновесие в распределении элементов [18].

При снижении параметров метаморфизма начинают появляться новые типы циркона под воздействием метаморфического флюида в зонах рассланцевания. Образование длиннопризматических плоских кристаллов циркона возраста 1917 млн. лет происходило при температуре 650-700 °С, поскольку такой же возраст 1916±12 млн. лет имеет коричневый титанит, температура закрытия U-Pb системы которого 650-700 °С [19, 20]. Циркон четвертого типа – коричневый с повышенным содержанием U – типичный

постгранулитовый, обычно кристаллизуется при переходе от гранулитовой к амфиболитовой фации при температурах около 700 °С. То есть, в интервале от 1917 до 1902 млн. лет сохранялись изотермические условия. Остывание до 450-400 °С произошло к 1875±5 млн. лет, как показывает возраст рутила из анортозитов и вмещающих амфиболитов и кристаллосланцев.

Таким образом, в анортозитах Яврозерского массива кристаллизация циркона продолжалась около 40 млн. лет. По мере понижения температуры менялись морфология и состав циркона. Содержание тяжелых РЗЭ в цирконе отражает конкурентное разделение элементов между цирконом и сосуществующими минералами при переходе от магматической кристаллизации к гранулитовому метаморфизму или является результатом быстрой диффузии в условиях высоких температур.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (грант 11-05-00817) и программы ОНЗ-6.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Bernard-Griffiths J., Peucat J.J., Postaire B. et al. Isotopic data (U-Pb, Rb-Sr, Pb-Pb and Sm-Nd) on mafic granulites from Finnish Lapland // Precambr. Res. 1984. V 23. P 325-348.
2. Митрофанов Ф.П., Балаганский В.В., Балашов Ю.А. и др. U-Pb возраст габбро-анортозитовый массивов Лапландского гранулитового пояса // Докл. АН. 1993. Т. 331. № 1. С. 95-98.
3. Нерович Л.И. Петрология и геохронология анортозитов Лапландского гранулитового пояса. Автореф. дис. ... к.г.-м.н. Апатиты: Геол. ин-т КНЦ РАН, 1999. 23 с.
4. Митрофанов Ф.П., Нерович Л.И. Время магматической кристаллизации и метаморфических преобразований автономных анортозитовых массивов Пыршин и Абварьский Лапландского гранулитового пояса // Петрология. 2003. Т. 11. № 4. С. 381-390.
5. Нерович Л.И., Каулина Т.В., Зозуля Д.Р. и др. Результаты комплексного исследования полиметаморфических анортозитов Лапландского гранулитового пояса, от петрографии к изотопным методам // Матер. межд. совещ. “Петрография XXI века”. Апатиты 20-23 июня 2005 г. Т. III. Апатиты: Изд-во КНЦ РАН, С. 206-208.
6. Минц М.В., Глазнев В.Н., Конилов В.Н. и др. Ранний докембрий СВ Балтийского щита: палеогеодинамика, строение и эволюция континентальной коры. Тр. ГИН РАН. Вып. 503. М.: Научный мир, 1996. 287 с.
7. Скублов С.Г., Балашов Ю.А., Марин Ю.Б. и др. U-Pb возраст и геохимия цирконов из Салминских эклогитов (месторождение Куру-Ваара, Беломорский пояс) // Докл. АН. 2010. Т. 432. № 5. С. 1-9.
8. Каулина Т.В., Япаскурт В.О., Пресняков С.С. и др. Метаморфическая эволюция архейских эклогитоподобных пород района Широкой и Узкой Салмы, Кольский п-ов: геохимические особенности циркона, состав включений и возраст // Геохимия. 2010. № 9. С. 879-890.
9. Ashwal L.D. Anorthosites. Berlin: Springer-Verlag, 1993. 422 p.
10. Barbey P., Raith M. The granulite belt of Lapland // Granulites and crustal evolution. Netherlands: Kluwer Academic Publishers, 1990. P 111-132.
11. Marker M. Early Proterozoic (c. 2000-1900 Ma) crustal structure of the northeastern Baltic Shield: tectonic division and tectogenesis // Nor. Geol. Unders. 1985. V 403. P. 55-74.
12. Бибикова Е.В., Мельников В.Ф., Авакян К.Н. Лапландские гранулиты: петрология, геохимия и изотопный возраст // Петрология. 1993. № 2. С. 215-235.
13. Нерович Л.И., Баянова Т.Б. Изотопная геохронология гранулитов среднего состава и эндербитов центральной части лапландского гранулитового пояса, Балтийский щит // Матер. конф. «Гранулитовые комплексы в геологическом развитии докембрия и фанерозоя». Москва, 2-4 окт. 2007 г. М.: Изд-во ГЕОХИ РАН, 2007. С. 235-239.
14. Ленников А.М. Анортозиты юга Алданского щита и его складчатого обрамления. М.: Наука, 1979. 162 с.
15. Соленик А.И. Оценка РТ-условий высокотемпературной перекристаллизации автономных анортозитов Джугджура-Становой области // Изв. АН СССР. Сер. геол. 1991. № 1. С. 51-57.
16. Козлова Н.Е., Реженова С.А. Термобарометрия основных пород южного тектонического контакта Лапландского гранулитового пояса, Кольский п-ов // Зап. ВМО. 1998. № 4. С. 51-57.
17. Cherniak D.J., Hanchar J.M., Watson E.B. Diffusion of tetravalent cations in zircon // Contrib. Mineral. Petrol. 1997. V 127. P 383-390.
18. Tang Hong-Feng, Liu Cong-Qiang, Nakai Shun’ichi et al. Geochemistry of eclogites from the Dabie-Sulu terrane, eastern China: new insights into protoliths and trace element behaviour during UHP metamorphism // Lithos. 2007. V 95. P 441-457.
19. Cherniak D.J. Lead diffusion in titanite and preliminary results on the effects of radiation damage on Pb transport // Chem. Geology. 1993. V 110. P 177-194.
20. Frost B.R., Chamberlain K.R., Schumacher J.C. Sphene (titanite): phase relations and role as a geochronometer // Chem. Geology. 2000. V 172. P 131-148.

ИЗОТОПНЫЙ СОСТАВ СВИНЦА В СУЛЬФИДАХ ЛЕБЕДИНСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

Кузнецов В.С.[1], Саватенков В.М.[2]

[1] Воронежский госуниверситет, Воронеж, voronezhpodkl@inbox.ru

[2] Институт геологии и геохронологии докембрия РАН, Санкт-Петербург, savatenkov@mail.ru

Лебединское железорудное месторождение одновременно с другими разрабатываемыми (Стойленское, Коробковское) месторождениями-гигантами Старооскольского рудного узла КМА располагается в ЮЗ части крупной (130×30 км) рифтогенной раннепротерозойской Тим-Ястребовской структуры. В геологическом строении месторождения принимает участие докембрийский комплекс сложнодислоцированных пород и железистых кварцитов. Оно приурочено к южному замку Тим-Ястребовской грабен-синклинали. Докембрий рудного поля представлен михайловской серией неоархея и курской серией палеопротерозоя. Породы михайловской серии (сланцы, амфиболиты, кварцевые порфиры) неоархея присутствуют на южном и ЮВ флангах месторождения. Образования курской серии палеопротерозоя со значительным перерывом и несогласием залегают на породах михайловской серии и представлены внизу кварцитопесчаниками и кварц-слюдяными сланцами стойленской свиты, вверху – породами продуктивной коробковской свиты, сложенной двумя подсвитами железистых кварцитов и двумя сланцевыми подсвитами. Мощность курской серии 800-1000 м.

В ходе предыдущих исследований были установлены повышенные содержания благородных металлов в различных по минералого-петрографическому составу железистых кварцитах и межрудных сланцах, а также приуроченность повышенных концентраций благородных металлов к наиболее сульфидизированным породным разностям. Это позволило сделать вывод о связи золота и платиноидов с сульфидной минерализацией [3] и выделить несколько геолого-генетических типов благороднометалльного оруденения [2]. Вместе с тем, проблема источников рудного вещества является одной из наиболее сложных в выяснении рудогенеза и требует детального изучения с применением широкого спектра современных физико-химических методов исследования вещества.

Для получения дополнительной информации о генезисе благороднометалльной минерализации в сланцевых толщах курской серии на Лебединском железорудном месторождении отобран ряд проб сульфидизированных углеродсодержащих сланцев. Сульфидная минерализация в межрудных сланцах представлена пиритом и пирротином, образующими несколько морфогенетических типов [1], на долю которых приходится до 95 % общего количества сульфидных минералов. Образцы для изучения изотопного состава свинца в сульфидных минералах представлены прожилками в сланцах различной степени метасоматической изменённости (образцы №№ Л-1, Л-14), а также рассеянной сингенетичной сульфидной минерализацией в сланцах (Л-5). Вмещающие породы имеют палеопротерозойский возраст (2.2-2.5 млрд. лет).

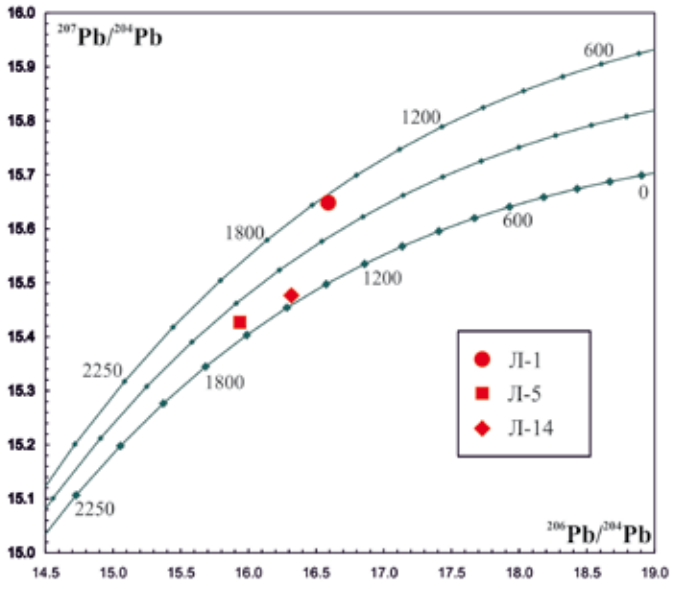


Рис. 1. 206Pb-207Pb-изотопная диаграмма для сульфидов из межрудных сланцев Лебединского месторождения. Линии – модели двухстадийной эволюции изотопного состава свинца для различных μ: 10.0, 10.5 и 11.0. Числа – возраста в млн. лет.

Данные изотопного состава свинца в сульфидах (табл. 1) вынесены на диаграмму в координатах $^{206}Pb/^{204}Pb$-$^{207}Pb/^{204}Pb$ (рис. 1). На эту же диаграмму вынесены модельные тренды двухстадийной эволюции изотопного состава свинца согласно модели Стэйси и Крамерса для различных отношений $^{238}U/^{204}Pb$ (μ). Для трёх образцов сульфидов из Лебединского месторождения, представляющих пирротин из рассеянной минерализации в кварц-серицит-биотитовом сланце (Л-5), пирротин из массивных жил и прожилков в кварц-серицит-биотитовый сланце (Л-14) и пирит из прожилка в метасоматически измененных сланцах и безрудных кварцитах (Л-1) модельные оценки указывают на протерозойский возраст сульфидной минерализации ($t_м$=1.73, 1.51 и 1.57 млрд. лет) с верхнекоровым источником (μ = 10.2, 10.1 и 10.9).

Таблица 1. Результаты изучения изотопного состава свинца в сульфидных минералах Лебединского железорудного месторождения.

	$^{206}Pb/^{204}Pb$	+/-, %	$^{207}Pb/^{204}Pb$	+/-, %	$^{208}Pb/^{204}Pb$	+/-, %	t M II	μ	k
Л-1	16.593	0.042	15.649	0.046	35.389	0.057	1.571	10.9	3.4
Л-5	15.938	0.042	15.427	0.046	35.222	0.056	1.726	10.2	3.6
Л-14	16.316	0.042	15.477	0.046	35.378	0.056	1.513	10.1	3.5

Анализ результатов показывает, что изотопные характеристики свинца в сульфидах из малоизменённых углеродсодержащих сланцах (проба Л-5) сходны с таковыми из наложенных сульфидных прожилков (пробы Л-1, Л-14). Это свидетельствует о длительном взаимодействии и глубоком изотопном обмене между рудообразующим флюидом и вмещающими породами (углеродсодержащими сланцами), что согласуется с данными о ведущей роли метаморфогенно-гидротермального рудообразования при формировании благороднометалльной минерализации в межрудных сланцах курской серии КМА.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кузнецов В.С. Сульфидные минералы углеродсодержащих сланцев Лебединского железорудного месторождения КМА // Строение литосферы и геодинамика. Матер. XXIV Всерос. конф. Иркутск, 2011. С. 107-108.
2. Чернышов Н.М., Кузнецов В.С., Петров С.В. и др. Золотоносность Стойленского месторождения КМА: типы и состав благороднометалльного оруденения // Руды и металлы. 2009. № 6. С. 48-55.
3. Чернышов Н.М., Кузнецов В.С. Сульфидная минерализация, содержащая благородные металлы, в межрудных сланцах Стойленского железорудного месторождения // Изв. ВУЗов. Геология и разведка». 2011. № 2. С. 17-22.

ОСОБЕННОСТИ СОСТАВА СРЕДНЕ-КИСЛЫХ МЕТАВУЛКАНИТОВ ЮЖНОЙ ПОДЗОНЫ ПЕЧЕНГСКОГО КОМПЛЕКСА

Кузнецова Ю.А.

Апатитский филиал МГТУ, Апатиты, julia190891@rambler.ru

Печенгская синклинорная зона имеет трехэтажное строение [5]. Два нижних этажа, сариолий-ятулийский и людиковий-калевийский, формируют Северную структурно-формационную подзону с возрастом 2540-1905 Ма. Самый молодой свекофенно-вепсийский этаж формирует Южную подзону возраста 1905-1700 Ма. Обе подзоны имеют различный характер складчатых структур: моноклинально-брахиформный для первой и изоклинально-складчатый для второй. Они разделяются глубинным синвулканическим Порьиташским разломом возраста 1718 Ма [2, 5]. Южная подзона представляет собой крутопадающую на ЮЗ под углом 50-90° линейную шовную структуру типа сутурного шва. Для супракрустальных пород структуры характерны интенсивные складчатые и разрывные дислокации [5]. Помимо Северной и Южной подзон в ЮЗ части синклинория выделяют Шуони-Каскельяврскую подзону купольно-блокового строения, которая включает в себя Шуониаврский (2140-1735 Ма), Каскельяврский (1940 Ма) и др. купола с гнейсами и амфиболитами в межкупольных пространствах [2]. Амфиболиты, на основе петрохимических данных, частично коррелируются с вулканитами Южной подзоны [5]. В этой работе за основу взята схема стратиграфических подразделений Южной подзоны Печенгского синклинория (табл. 1).

Цель работы заключалась в том, чтобы по результатам статистической обработки химических анализов наметить основные особенности средне-кислого вулканизма, проявившегося в Южной подзоне Печенгского синклинория. Для её достижения собраны химические анализы пород, слагающих Южную подзону и её обрамление, разделенные затем на группы. База данных содержит 374 анализа, которые отличаются степенью значимости: 51 из них – средние составы основных метавулканитов Южной подзоны [5], 124 имеют привязку к разрезам Пороярвинского, Каплинского и Брагинского опорных участков Южной подзоны [6]. Источниками для ее создания послужили материалы П.К. Скуфьина, С.М. Карпова, базы

TIETTA E.B. Мартынова, а также литературные данные [1]. Написана программа для нанесения точек на диаграммы, с помощью которых определены тренды в эволюции вулканизма, проявившегося на данной территории. Согласно схеме стратиграфических подразделений все химические анализы разделены на группы, соответствующие толщам и свитам, а также породам других подзон (табл. 2). Химические анализы нанесены на диаграммы (рис. 1 и 2).

Таблица 1. Схема стратиграфических подразделений Южной зоны Печенгского синклинория [6].

Надгоризонт	**Литостратиграфическое подразделение**	**Вулканическая, осадочная формация**
Калевий	Касесйокская толща	Конгломерат-сланцевая, молассоидная
	Каплинская толща	Андезит-дацит-риолитовая
	Меннельская толща	Пикрит-базальт-андезитовая
	Брагинская свита	
	Каллояурская свита	Туфогенно-сланцевая

Таблица 2. Группы химических анализов.

№	**Группа**	**Зона**	**Число хим. анализов**
1	Касесйокская	Южная подзона Печенгского синклинория	12
2	Каплинская		123
3	Меннельская		75
4	Брагинская		98
5	Каллояурская		4
6	Порьиташская	Порьиташская	59
7	Шуони-Каскельяврская	Шуони-Каскельяврская	11

К Южной подзоне относятся группы №№ 1-5: касесйокская и каллояурская из-за недостаточного количества анализов не образовали четких полей, поэтому на диаграммах (рис. 1, 2) они отсутствуют. Группы каплинская, менельская, брагинская на диаграммах образуют поля. Рисунок 1 подтверждает выбранную схему стратиграфических подразделений. Рисунок 2 показывает, что самая ранняя толща (брагинская) отличается широким набором пород от пикритов до андезит-базальтов по меланократовости и

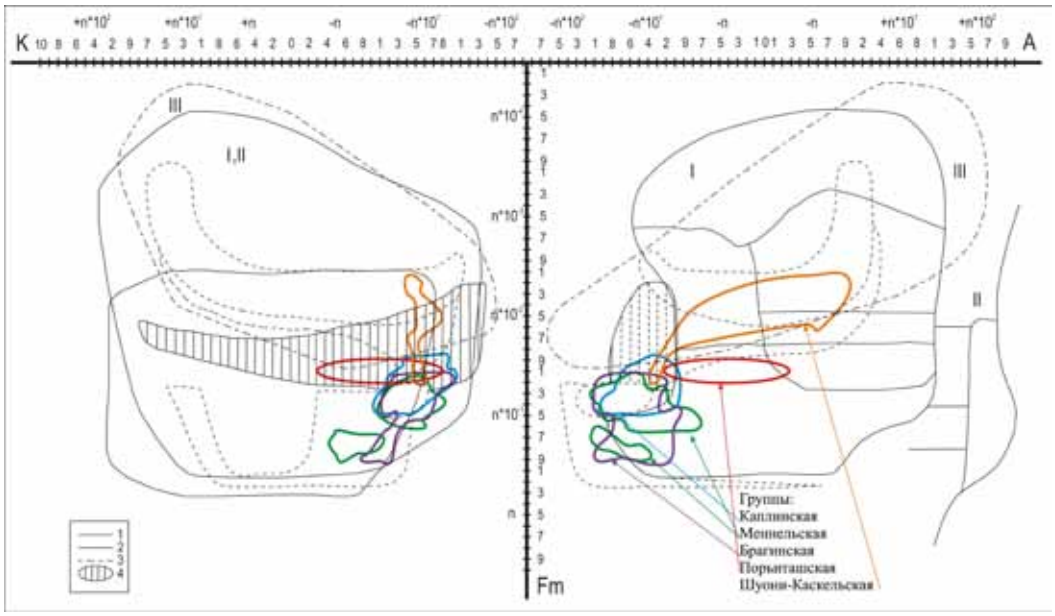


Рис. 1. Диаграмма меланократовость – частная глиноземистость – отношение щелочей (мол. кол-ва) [3]. Границы: 1 – поля зернистых осадочных пород (в правой части диаграммы) и объединенного поля обломочных пород и глин (в левой части); 2 – поля хемогенных силицитов; 3 – поля магматических пород (сверху вниз – кислых, средних и кислых, основных, ультраосновных); 4 – поля щелочных магматитов.

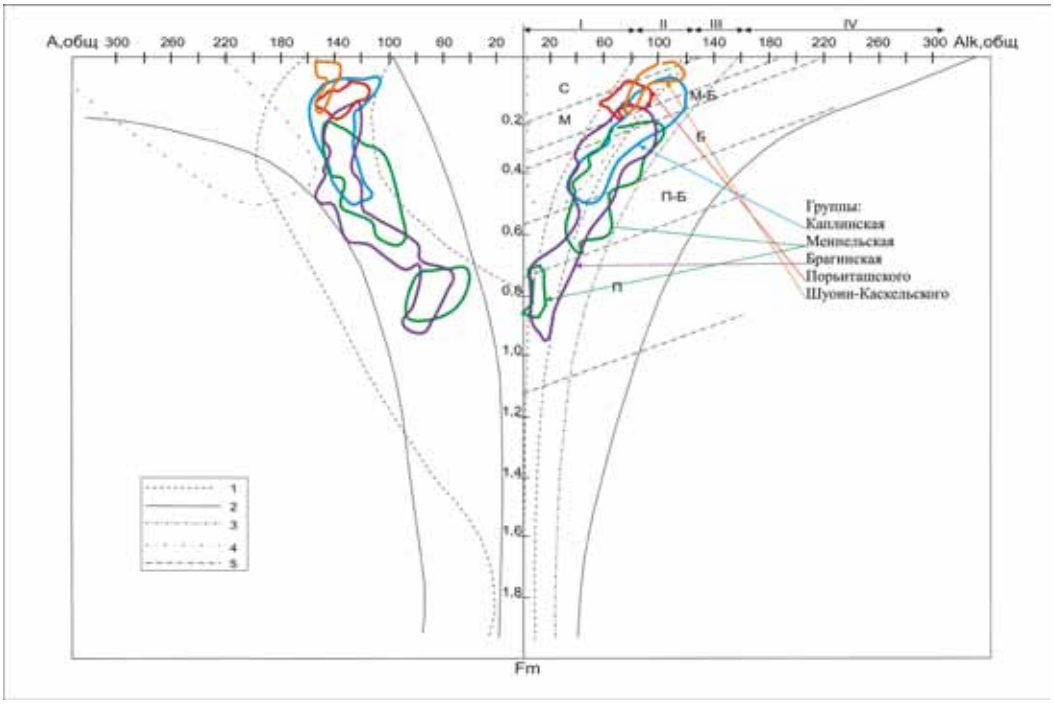


Рис. 2. Классификационная диаграмма меланократовость – общая глиноземистость – общая щелочность (мол. кол-ва) [3]. С – сиалиты; М – андезиты; Б – базальты; П – пикриты; Границы: 1 – породы нормальной щелочности; 2 – объединенная зона субщелочных и щелочных пород; 3 – граница зон субщелочных и щелочных пород; 4 – область высокоглиноземистых пород с пониженной и отчасти нормальной щелочностью (плагиоклазовый тип); 5 – граница классов магматитов.

от низкощелочных до субщелочных по общей щелочности. Породы меннельской толщи образуют два поля: первое попадает в область основных пикритов нормальной щелочности; второе включает пикриты и пикрит-базальты нормально- и субщелочные. Породы каплинской толщи варьируют от базальтов до андезитов, а по щелочности относятся к нормальным и субщелочным. На рисунке 1 породы Порьиташского комплекса относятся к средне-кислым магматитам, на рисунке 2 образуют поле андезитов нормальной щелочности. Породы Шуони-Каскельяврской подзоны (рис. 1) относятся к кислым магматитам, на рисунке 2 образуют поле андезитов и сиалитов нормальной щелочности.

Сравнение выделенных стратиграфических групп по химическому составу обнаруживает тренд изменения их петрохимических характеристик. При переходе от более древних к молодым породам растут кислотность и щелочность. Сочетание в Южной подзоне пикритов, базальтов и специфичных среднекислых метавулканитов говорит об орогенном режиме [4]. В этом отношение положение поля пород Порьиташского комплекса на диаграмме (рис. 2) в поле пород повышенной кислотности согласуется с предположение об их более молодом возрасте. Природа уменьшения щелочности пород Порьиташского комплекса и связь пород Шуони-Каскельяврской подзоны с метавулканитами Южной подзоны требуют дальнейшего изучения.

Автор выражает благодарность проф. А.А. Предовскому за общее руководство работой, д.г.-м.н. П.К. Скуфьину, к.г.-м.н. С.М. Карпову и к.г.-м.н. Е.В. Мартынову за предоставленные данные, А.В. Чернявскому за помощь в написании компьютерных программ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Батиева И.Д., Бельков И.В., Ветрин В.Р. и др. Минеральный и химический состав гранитов Кольского п-ова. Апатиты: Изд-во КФ АН СССР, 1978. 120 с.
2. Баянова Т.Б., Пожиленко В.И., Смолькин В.Ф. и др. Каталог геохронологических данных по северо-восточной части Балтийского щита. Апатиты: Изд-во КНЦ РАН, 2002. 54 с.
3. Предовский А.А. Реконструкция условий седиментогенеза и вулканизма раннего докембрия. Л. Наука, 1980. 152 с.
4. Предовский А.А., Мележик В.А., Болотов В.И. Вулканизм и седиментогенез докембрия северо-востока Балтийского щита. Л.: Наука, 1987. 184 с.

5. Скуфьин П.К. Раннепротерозойские вулканогенные формации Печенгско-Варзугского пояса как индикаторы геодинамических режимов (северо-восток Балтийского щита). Дисс. … д.г.-м.н. Апатиты, 1995. 343 с.
6. Смолькин В.Ф., Митрофанов Ф.П., Аведисян А.А. и др. Магматизм, седиментогенез и геодинамика Печенгской палеорифтогенной структуры. Апатиты: Изд-во КНЦ РАН, 1995. 256 с.

ЗОНА СОЧЛЕНЕНИЯ ФЕННОСКАНДИНАВСКОГО ЩИТА И РУССКОЙ ПЛИТЫ – ВОЗМОЖНЫЙ КОЛЛЕКТОР МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

Куликов В.С. [1], Куликова В.В. [1], Зудин А.И. [2], Икконен П.В. [3]

[1] Институт геологии КарНЦ РАН, Петрозаводск, vkulikova@yandex.ru;
[2] ООО «Природа», пос. Савинский;
[3] ИХТРЭМС КНЦ РАН, Апатиты, ikkonen.p@mail.ru

ЮВ граница Фенноскандии и Русской плиты в составе Восточно-Европейской платформы (ВЕП) прослеживается более чем на 500 км. База для ее идентификации в условиях мощного четвертичного покрова и редкой сети буровых скважин – специфические физические поля (гравитационное, магнитное и тепловое). Наиболее информативно тепловое поле, которое контролирует границу на всем ее протяжении от кряжа Ветреный пояс на СВ до Карельского перешейка на ЮЗ (рис. 1).

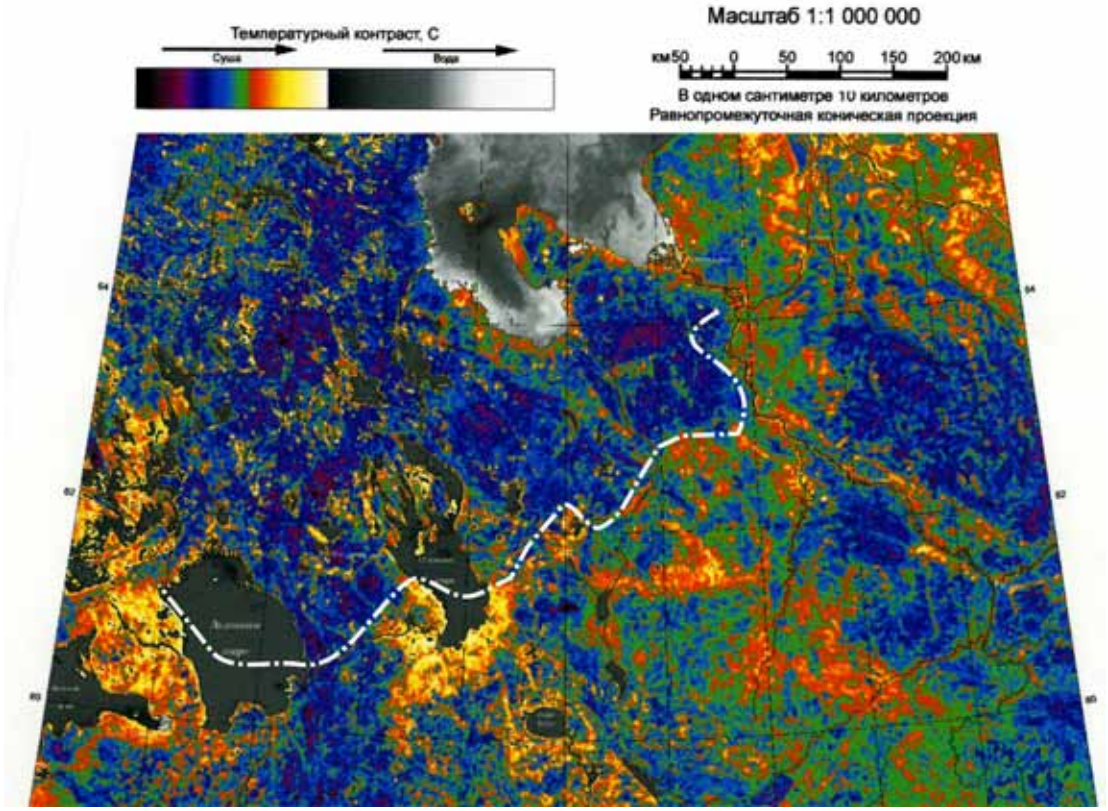


Рис. 1. Тепловое поле Севера ВЕП и предполагаемая граница Русской плиты и Фенноскандинавского щита (ФЩ).

Природа теплового поля достоверно не известна. Она может быть обусловлена: 1) эмиссией горных пород в местах изменения напряжений; 2) напряженно-деформированным состоянием пород; 3) зонами разрывных нарушений, повышенной трещиноватостью, горным давлением; 4) химическими реакциями в результате влияния подземных вод на скопления сульфидов; 5) концентрациями радиоактивных элементов (ториевая специализация) на границе Русской плиты (рифей, венд). В работе использован фрагмент карты теплового поля, созданной дистанционно-геотермическим методом в НИЦЭБ РАН [1]. Его осно-

ва – передача тепла через преобразование его в энергию инфракрасного излучения, которая, попадая на спутник МОАА, фиксируется и обрабатывается. Тепловой поток максимален на территории Кенозерья, по южному обрамлению Онежского озера и на Карельском перешейке. В последних двух случаях существенную роль играют техногенные процессы, территория Кенозерского национального парка (КНП) остается природным эталонным объектом.

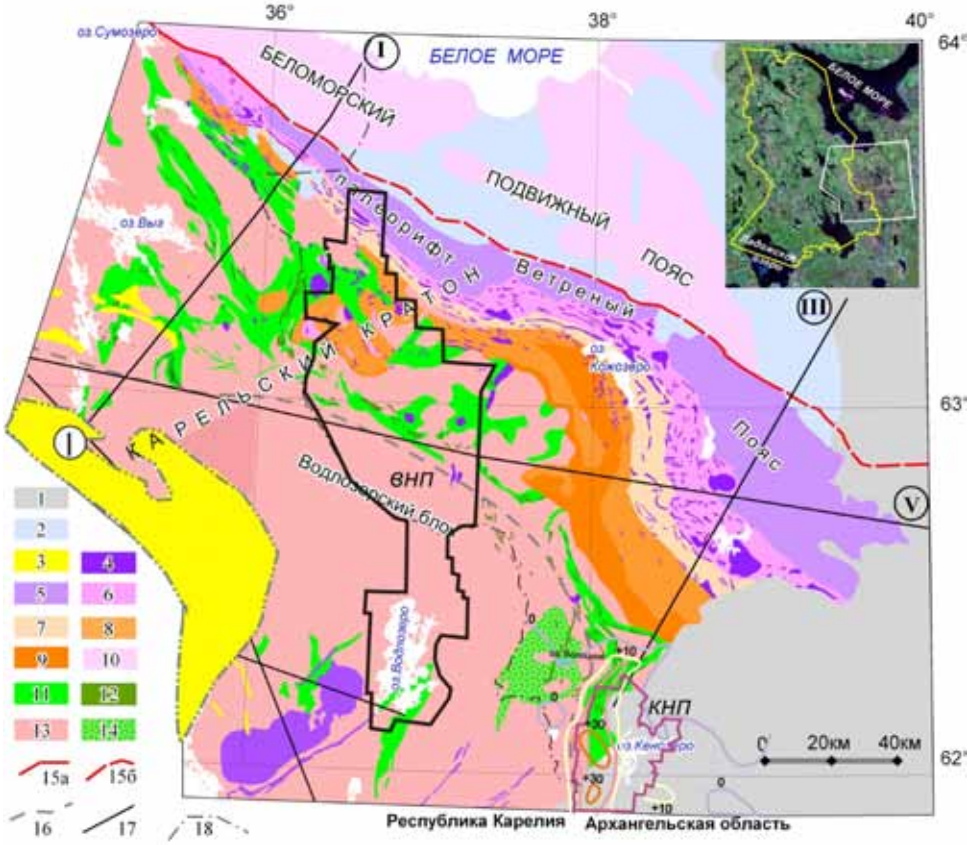


Рис. 2. Геологическая карта приграничного региона Республики Карелия и Архангельской обл. [10]. Фанерозой. 1 – осадочные породы палеозоя. Неопротерозой. 2 – осадочные породы венда. Палеопротерозой. Людиковий и ятулий. 3 – осадочные, основные вулканические и субвулканические породы (2.2-1.96 Ga). Сумий. 4 – мафит-ультрамафитовые интрузивы, в т.ч. расслоенные, силлы и дайки (2.5-2.4 Ga); 5 – коматиитовые базальты свиты Ветреный пояс (2.45-2.41 Ga); 6 – осадочные породы виленгской и калгачинской свит; 7 – терригенные, карбонатные породы и толеитовые базальты кожозерской свиты; 8 – основные и средние вулканиты киричской свиты; 9 – терригенные породы токшинской свиты, местами гранитизированные (р-н оз. Кожозеро). Архей. 10 – гнейсы и амфиболиты беломорской серии, гранитоиды (в т.ч. более молодые); 11 – кремнистые и углеродсодержащие осадки, вулканиты (коматииты, базальты, риодациты и туфы) вожминской серии (3.0-2.8 Ga); 12 – интрузивные мафиты и ультрамафиты лопийских ЗП; 13 – тоналиты, трондьемиты, гнейсы, амфиболиты палеоархея (> 3.2 Ga) и гранитоиды мезо-неоархея (2.8-2.6 Ga); 14 – амфиболиты по базальтам и коматиитам волоцкой свиты (~3.4 Ga); 15 – Северный надвиг (а), то же под вендским и палеозойским чехлом (б); 16 – граница палеоархейского Водлозерского блока; 17 – профили глубинного сейсмического зондирования и их номера (I-V); 18 – административная граница.

Но геологическое строение докембрийского фундамента КНП между оз. Кенозеро и оз. Лача Архангельской обл. изучено слабо. В геологическом плане КНП протяженностью с Ю на С 72 км, с З на В 27 км находится в зоне сочленения докембрийского кристаллического ФЩ и Русской плиты, где контактируют две региональные геологические структуры: ЮВ склон Карельского массива, сложенный древнейшими породами палео-, мезо- и неоархея, и СЗ часть Московской синеклизы, сформированная терригенно-осадочными породами венда и палеозоя. В составе Карельского массива выделяются Водлозерский блок [4, 7, 9] палеоархея (3.6-3.2 Ga) и мезоархейские зеленокаменные пояса (ЗП) (рис. 2). Первый представлен гранитоидными массивами диорит-гранитовой формации и фрагментами амфиболитов волоцкой свиты. Мезоархейские (лопийские) структуры отчетливо выделяются в геофизических полях, особенно в гравитационном) (рис. 3), но на карте магнитных аномалий южная часть КНП, перекрытая фанерозойскими комплексами, не проявлена (рис. 3Б).

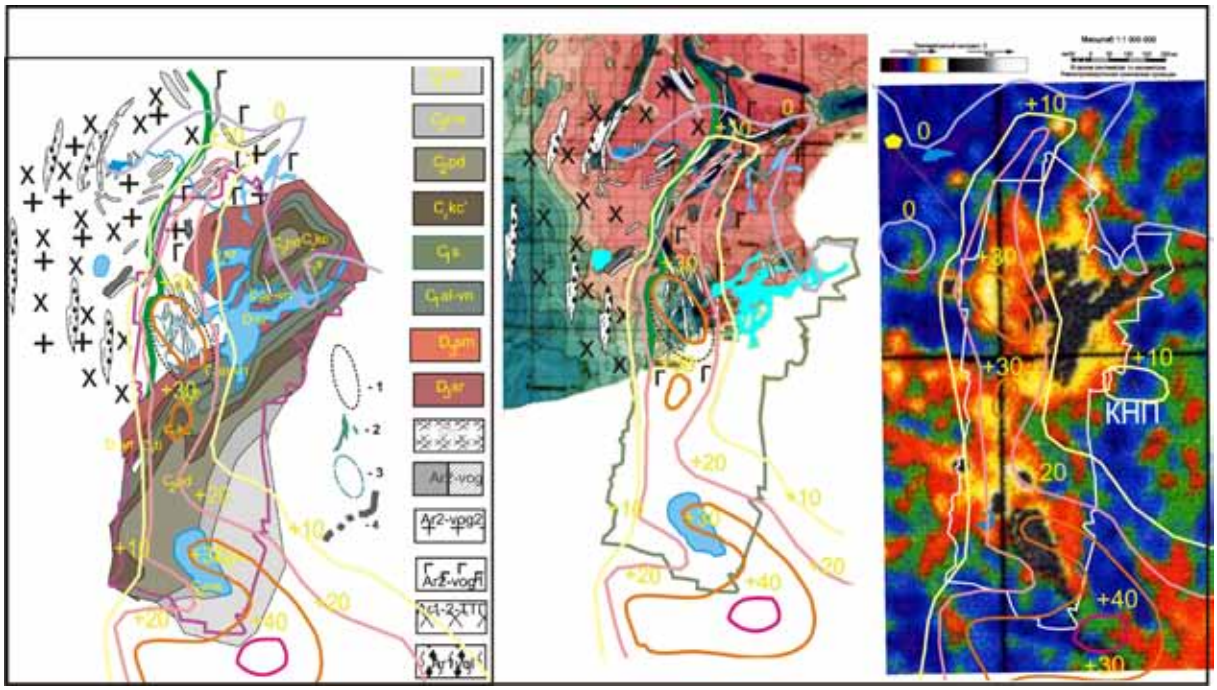


Рис. 3. Схема геологического строения КНП [2]. Карбон. C_3 кс – известняки, мергели, глины, алевролиты, конгломераты; C_2 ms – песчано-глинистая, глинисто-карбонатная толщи дельтового и прибрежного происхождения, органогенные известняки; C_2 pd известняки, доломиты, реже, мергели ; C_2 кс' – красноцветные слюдистые песчаники, алевролиты, известковистые глины с прослоями конгломератов и известняков; C_1s – мелководные доломитизированные известняки, доломиты с отдельными прослоями глин; C_1 al-vn переслаивание песчано-глинистых разностей с известняками. Девон. D_3 sm – переслаивание глин и алевролитов в верхней части разреза и тонко- и мелкозернистыми песками и песчаниками – в нижней; D_3 sr – толща чередующихся песков, песчаников, глин и алевролитов. PR_1 – Винельская дайка ультрамафитов, AR_2 vog – габбро (серое) и ультрамафиты, AR_2 vog_2 – гранитоиды неоархея, AR_2 vog_1 – осадочно-вулканогенные породы вожминской серии мезоархея, AR_{1-2} – ТТГ, AR_1 vol – волоцкая свита палеоархея. 1 – внешний контур аномалии ртути в почвах КНП, 2 – солевые аномалии Ni-Cu-Co, 3 – внутренние контуры ртутных аномалий, 4 – условная граница палеоархея и мезо-неоархея.

Лопийские образования [5, 8] представлены ЮВ фрагментом Сумозерско-Кенозерского ЗП – Волошовско-Кенозерской структурой, в составе которой намечено 7 осадочно-вулканогенных толщ: волошовская, муйозерская, кенозерская, вешкозерская, починская и нюхчозерская. Для разреза лопия характерны метаморфизованные толеитовые и коматиитовые базальты, коматииты, андезиты, риодациты, а также песчаники, алевролиты, туффиты, прослои и отдельные горизонты графит-кремнистых сланцев с колчеданной минерализацией. Коматииты и коматиитовые базальты большей частью приурочены к нижней части разреза. Максимальная мощность отложений около 7 км, падение 35-85^0 на СВ-В. Неоархейские инрузивы (до 50 % объема) представлены габбро-перидотитами, габбро-долеритами и диорит-гранитами. Интрузивы известково-щелочной серии – плагиограниты, микроклин-плагиоклазовые граниты, гранодиориты, кварцевые диориты, лейкограниты, пегматиты мусковит-редкометальной специализации, в которых авторами выявлена повышенная радиация. Палеозой представлен девонскими и каменноугольными образованиями, сформированными, в основном, в морских условиях. Девон (408-360 Ма) представлен франским ярусом (рис. 3), большая часть которого сложена известняками, доломитами и мергелями (100 м), а верхи песчано-глинистыми, местами пестроцветными породами (200 м). Наиболее характерной является фация «древнего красного песчаника». Известны находки органических остатков (панцирные рыбы, филлоподы). Карбон (360-286 Ма) представлен тремя отделами : нижний (100 м) сложен пестроцветными глинами, бокситами, песками, мергелями, доломитами и известняками; средний (100 м) – песчаниками, алевролитами, органогенными известняками: верхний (100 м) – пестроцветными известняками и доломитами. Карбонатные комплексы подвержены значительному карстообразованию.

Особенность природного ландшафта КНП – сочетание максимумов гравитационного поля, геохимических аномалий и кольцевое расположение озер вокруг них – обусловлена скрытыми карстовыми воронками, которые являются путями перемещения ряда микроэлементов с образованиями в почвенном слое ртутных, солевых Ni-Cu-Co и др. аномалий (рис. 3). Алмазоносные кимберлитовые трубки взрыва на севере Архангельской обл. (СВ ВЕП) и находки алмазов в р-не оз. Лекшмозера служат стимулом для

дальнейшего изучения геологического строения этой территории. По данным И.Н. Демидова [4], «бассейн Онежского оз., сложенный различными по составу и выраженности в современном рельефе образованиями докембрия и палеозоя, может рассматриваться в качестве модельной территории по изучению взаимодействия системы ледник – ложе от начальных до заключительных стадий последнего оледенения» (рис. 4). Последний ледниковый максимум относится к 17.3-15.6 тыс. лет назад, когда Карельский ледниковый поток был разделен на две лопасти – Онежскую, продвигавшуюся на Ю по котловине Онежского оз., и Вост.-Карельскую, где край ледника огибал с юга оз. Кубенское и Белое и протягивался на СВ к Няндомской возвышенности. Средняя мощность четвертичных отложений увеличивается с 6-8 м на С до 10-20 м на В региона, а в его южной части в зоне сочленения щита и плиты от 30-40 до 80-100 м. В процессе развития ледниковый фронт отступил к Карбоновому уступу около 12 500 лет назад.

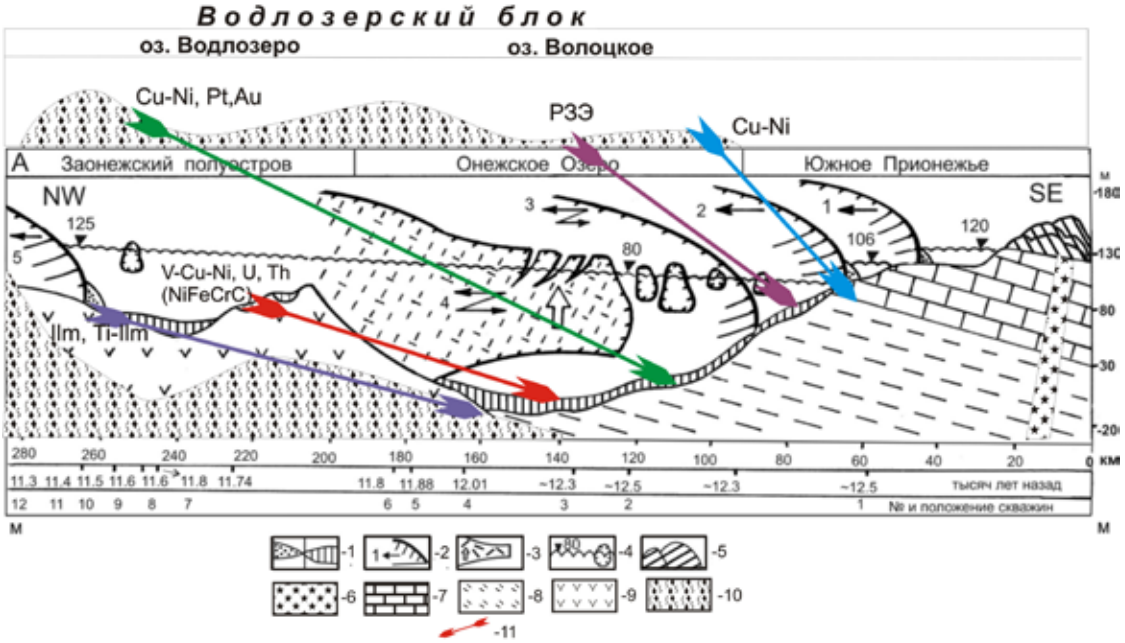


Рис. 4. Направления сноса и места возможного отложения рудных мнералов под воздействием ледника, по В.В. Куликовой на основе [4]. Четвертичные рыхлые отложения. 1 – дельты, краевые морены и озерно-ледниковые осадки; 2 – положения ледникового края и направление его движения; 3 – плавучий край ледника; 4 – уровень водоема и айсберги; 5 – массивы мертвого льда. Коренные породы фундамента. 6 – карбонатные породы карбона, 7 – песчано-глинистые толщи венда и девона, 8 – предполагаемые кимберлитовые трубки неясного возраста, 9 – вулканогенно-осадочные нижнего протерозоя, 10 – нерасчлененный комплекс архейского и протерозойского возраста (Водлозерский блок), 11 – предполагаемые направления сноса рудных минералов.

Несомненный интерес представляют четвертичные пляжные пески Онежского оз., приуроченные к зоне сочленения щита и плиты, с оруденением титаномагнетита и других полезных ископаемых [6]. Таким образом, ЮВ зона сочленения ФЩ и Русской плиты с проявлением разных полезных ископаемых в докембрийском фундаменте и продуктах его выветривания и переотложения в венде и фанерозое требует тщательного изучения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Карта некоррелированного конвективного теплового потока СЗ России. М-б 1:1000000. Листы Q37-Q38 (Архангельск). Ред. В.И. Горный. СПБ НИИЦЭБ РАН, 2000.
2. Государственная геологическая карта РФ. Лист P 35-37 (Петрозаводск). М-б 1:1000000. Объяснительная записка. СПб.: Изд-во ВСЕГЕИ, 2000. 344 с.
3. Демидов И.Н. Деградация поздневалдайского оледенения в бассейне Онежского оз. // Геология и полезные ископаемые Карелии. Вып. 8. Петрозаводск: Изд-во КарНЦ РАН, 2005. С. 134-142.
4. Куликова В.В. Волоцкая свита – стратотип нижнего архея Балтийского щита. Петрозаводск: Изд-во КарНЦ РАН, 1993. 250 с.
5. Куликова В.В., Куликов В.С., Черепанов А.А. Токшинская структура // Вулканизм архейских зеленокаменных поясов Карелии. Л: Наука, 1981. С. 50-61.

6. Онежская палеопротерозойская структура: геология, тектоника, глубинное строение и минерагения. Ред. Л.В. Глушанин, Н.В. Шаров, В.В. Щипцов. Петрозаводск: Изд-во КарНЦ РАН, 2011. 431 с.
7. Пухтель И.С., Журавлев Д.З., Куликова В.В. и др. Коматииты Водлозерского блока, Балтийский щит // Докл. АН. 1991. Т. 317. № 1. С. 197-202.
8. Сочеванов Н.Н., Арестова Н.А., Матреничев В.А. и др. Первые данные Sm-Nd возраста архейских базальтов Карельской гранит-зеленокаменной области // Докл. АН. 1991. Т. 318. № 1. С. 175-180.
9. Шаров Н.В., Куликов В.С., Куликова В.В. и др. Сейсмогеологическая характеристика земной коры ЮВ части Фенноскандинавского щита // Геофизический журнал. 2008. Т. 30. № 3. С. 3-17.

ПРОБЛЕМА ВКРАПЛЕННОЙ ЗОЛОТОРУДНОЙ МИНЕРАЛИЗАЦИИ В КОЛЬСКОМ КРАТОНЕ

Лобанов К.В., Сафонов Ю.Г.
ИГЕМ РАН, Москва, lobanov@igem.ru

Проблема золотоносности Кольского п-ова актуальна в силу недостаточной разработанности общих вопросов металлогении этой части Балтийского щита и реальными сложностями их конкретного решения. Балтийский щит остается единственным сообществом архейских и протерозойских кратонов, где крупные концентрации Au представлены в двух-трех крупных месторождениях, но не известны сверхкрупные. Кольский кратон, при объединительном подходе – мегакратон, характеризуется нахождением нескольких мелких месторождений, уступая по их распространенности Карельскому кратону, и при сегодняшнем уровне знания, может рассматриваться как имеющий Cu-Ni и Pt-Pd докембрийскую металлогеническую специализацию [4]. Уникальность кратона определяется масштабной апатит-редкометальной девонской рудной минерализацией, занимающей особое положение в металлогении кратона. Узкая металлогеническая специализация девонской эпохи тектоно-магматической активизации остается пока не раскрытой, особенно в части сопутствующих рудогенерирующих процессов при развитии сверхмощной энергетической системы щелочного магматизма. Кольский кратон в этом отношении резко отличается от Синий-Корейского и Алданского, мезозойская активизация которых привела к образованию крупных и сверхкрупных концентраций U, Au и серии рядовых месторождений других металлов: Mo, Co, V и др.

Кольский кратон, как и другие неоархейские, ранне- и среднепротерозойские, характеризуется глубокой эродированностью. В связи с этим в познании их металлогении важное значение имеют исследования неординарных проявлений рудной минерализации. Для этого кратона изучение таких проявлений с установлением условий и времени образования необходимо для понимания общей металлогении и оценки перспектив золотоносности за счет выявления рудной минерализации в нетрадиционных обстановках. Исходя из обширной опубликованной информации и по оригинальным авторским данным среди нетрадиционных типов золоторудной минерализации следует выделять вкрапленную, которая при сегодняшних технологиях добычи Au может рассматриваться как относящаяся к промышленным рудам и в то же время служить индикатором нахождения руд Au других типов, критерием оценки степени эродированности рудоносных площадей.

Вкрапленные самородное Au и золотосодержащие минералы обычно являются составляющими вкрапленно-прожилковых руд, широко представленных в фанерозойских золоторудных месторождениях. В докембрийских золоторудных месторождениях вкрапленно-прожилковые руды редко определяют их структурно-морфологический тип. В золотоносных зонах скалывания-смятия вкрапленно-прожилковая минерализация развивается с жильной (shear zones) или со скоплениями агрегатных массивных руд, образуемых сульфидами и магнетитом. В то же время, общей чертой основных докембрийских золотоносных щитов – Канадского, Австралийского, Ю.-Африканского, Индийского, Бразильского – является широкое распространение золоторудных проявлений и мелких месторождений с вкрапленно-прожилковой минерализацией, местами с преобладанием вкрапленности сульфидов. На этих кратонах отсутствуют представительные золотоносные медно-порфировые и эпитермальные месторождения.

Как нетрадиционные типы руд Au рассматриваются золотоносные кварциты, не несущие пирита, а также углеродистые сланцы вплоть до их высокометаморфизованнных разностей, состоящих из графита.

Те и другие обычно относятся к метаморфогенным при различных оценках их первичной седиментационной золотоносности. Следует привести пример важности их изучения. В бассейне Витватерсранд объемы золотоносных кварцитов с содержанием Au в первые г/т кратно превосходят объемы золотоносных «конгломератов», разработка которых дала более 50 тыс. т Au и около 30 тыс. т оценено в запасах. Глубинность залегания золотоносных (± U) рифов предопределила высокие бортовые содержания (10-5 г/т), в связи с чем золотоносные кварциты не рассматривались даже как забалансовые руды. Источники тонкого рассеянного Au в кварцитах не изучены. Эти данные лишь частично раскрывают возможные подходы к изучению вкрапленной золоторудной и золото-сульфидной минерализации в Кольском и Карельском кратонах. В то же время, накопленная информация при изучении их золотоносности предоставляет возможности выделения типов руд, которые не установлены в других докембрийских провинциях.

Прежде всего это относится к золоторудной минерализации на глубоких горизонтах Кольской сверхглубокой скважины СГ-3 в интервале 9.5-11 км [3, 7]. Обнаружение рассеянной золоторудной минерализации с размером выделений Au от 0.01 мм и менее, заключенных в амфиболе, биотите, плагиоклазе, имеет важнейшее значение для теоретических разработок и прогнозных целей. Одним из перспективных направлений таких исследований представляется выявление признаков первичного магматического и переотложенного Au в таких зонах. Известные данные по нахождению самородного Au не только в указанных минералах, но и в оливине, магнетите ультраосновных пород, в калиевом полевом шпате щелочных гранитов, остаются недостаточными для определенных выводов. Более значительна информация по Au, сопутствующему магматической сульфидной и Pt-Pd минерализации, в том числе из месторождений Кольского п-ова. Следует отметить повышенные содержания U и нахождение Au в платиноносных анортозитовых горизонтах месторождений Панских тундр [4, 6]. Здесь и в месторождениях Садбери, Камбалда в зеленокаменных поясах Абитиби и Зап. Австралии можно видеть признаки глубинных парагенетических связей золоторудной и Cu-Ni (± PGE) рудной минерализации. С этих позиций, с анализом возможного преобразования и переотложения рудных минералов, нами рассматриваются перспективы нахождения руд золота в Ю.-Печенгской зоне [2]. В этой мощной протяженной зоне, по-видимому, проявились рудообразующие процессы различной природы – от магматогенных до средне-, низкотемпературных гидротермально–инфильтрационных. Общая перспективность западной части кратона – Печенгского рудного района на Au и U следует и из установленных пространственно-генетических соотношений этих металлов в докембрийских кратонах.

С позиций глобального-регионального геохимического районирования, докембрийские кратоны характеризуются как аномальные в распространении Fe, Cr, Ni, Co, Ti, Cu, МПГ, Au, U, Pb, Zn. Анализ закономерностей сонахождения золоторудных и урановых месторождений на основных рудоносных кратонах, отмеченных выше, привел к выводу о зависимостях такого сонахождения от влияния на процессы магматической дифференциации, фракционирования мантийного вещества на развитие корового магматизма энергии радиоактивного распада. Вероятное отражение такого влияния на металлогении крупных геоструктур показано в работе Н.П. Лаверова и др. (Урановый след в металлогении // Геология рудных месторождений. В печати).

Анализ разрозненной обширной информации по этой проблеме позволяет предполагать проявление наряду с нормативными трендами магматической дифференциации, определяемыми кларковыми содержаниями основных и сопутствующих элементов в мантии, анормативных трендов, обусловленных повышенными содержаниями радиоактивных (U, Th, K и др.) и других химически активных элементов. Экзотермические процессы деструкции и химического преобразования мантийного вещества под воздействием радиоактивного излучения и явлений ядерного распада, при учете длительности их развития, вероятно, имели большое значение в «рудопоготовительном» цикле геохимической специализации определенных литосферных доменов.

Анормативной магматической дифференциацией объясняются нетрадиционные ассоциации магматических пород, а также ассоциации месторождений разных металлов и их масштабность. Металлогеническая специализация докембрийских ураноносных литосферных блоков, вероятно, определялась их ранней архейской историей, а составляющих их разновозрастных кратонов – в мезоархее и позже. Эти закономерности проявились и на Балтийском щите, но иначе, чем на других докембрийских щитах. Балтийский щит в целом следует характеризовать как ураноносный блок, но урановые месторождения здесь редки. В то же время, здесь представлены явные индикаторы региональной ториевой геохимической аномалии. Соотношения концентрации различных радиоактивных элементов выражены в Лицевском блоке Печенгского рудного р-на.

В Лицевском блоке выявлена ранняя TR-Th-U минерализация (2750-2650 млн. лет), U в альбититовых метасоматитах (2200-2100 млн. лет), Th-U в альбит-микроклиновых метасоматитах (1850-1750 млн. лет), TR-P-U в терригенных породах венда (900-800 млн. лет), U в альбит-гидрослюдисто-хлоритовых метасоматитах (400-300 млн. лет). Последняя оценивается как наиболее представительная, связанная с проявлением палеозойской тектоно-магматической активизации [5]. Альбититовый тип среднепротерозойской урановой рудной минерализации представлен в Кировоградском урановорудном районе Украинского щита и других кратонах. В этом районе представлены и золоторудные месторождения – мелкие и средние, практически одновозрастные с урановыми. В Печенгском р-не многочисленные проявления золоторудной минерализации в основном локализуются в Ю.-Печенгской структурной зоне. Эти проявления характеризуются содержаниями Au до первых г/т. При распространении тонкого рассеянного Au в метасоматических кварцитах и золото-сульфидной вкрапленности с приуроченностью включений Au к пирротину, реже к пириту. Эти проявления мало изучены. Тем не менее, имеющийся материал, как и данные по исследованию золотоносности разреза Кольской сверхглубокой скважины [7], позволяют положительно оценивать перспективы Ю.-Печенгской структуры на Au. Золоторудные концентрации образовались здесь не только в процессах метаморфогенной мобилизации–ремобилизации Au, но и при привносе эндогенного Au флюидными потоками в течение палеозойской активизации.

При закрытости рудообразующей магматической системы, с которой связано формирование масштабной апатит-редкометальной минирализации Хибин [8], общие условия эндогенной флюидной активности, их газовых составляющих могли привести к миграции Au и образованию его месторождений. Металлогеническая специализация указанной системы определялась плюмом глубинного мантийного заложения, а связанный с ним флюидный фронт имел региональное распространение. Это следует учитывать при оценке потенциальной золотоносности Кольского кратона и изучении известных рудопроявлений Au. Особое место в исследованиях последних занимает изучение минералого-геохимических типов и условий локализации из-за значительной эрозии территории. Глубина формирования Хибинских массивов по верхней границе не может быть меньше 4-5 км. В связи с этим сохранность эпитермальной Au-Ag минерализации практически исключается.

Вкрапленная минерализация, сходная по составу с эпитермальной, здесь может быть связана с мезотермальными образованиями. Данные по петрофизическим характеристикам пород и проявлению хрупких деформаций по разрезу СГ-3 во многом не увязываются с современными представлениями по глубинному интервалу сферы эндогенного рудообразования. Эта проблема, как и ряд других, затронутых выше, требует целевых исследований.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проект 10-05-00411-а).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Горбунов Г.И., Астафьев Ю.А., Гончаров Ю.В. и др. Медно-никелевые месторождения Печенги. М.: Изд-во Геос, 1999. 236 с.
2. Казанский В.И., Лобанов К.В. О границах и металлогении Печенгского рудного района, Балтийский щит // Геология рудных месторождений. 1996. Т. 38. № 1. С. 103-109.
3. Кольская сверхглубокая / Ред. Орлов В.П., Лаверов Н.П. М.: Изд-во Технонефтегаз, 1998. 260 с.
4. Митрофанов Ф.П., Баянова Т.Б., Балабонин Н.Л. и др. Кольский глубинный раннедокембрийский коллизион: новые данные по геологии, геохронологии, геодинамике и металлогении // Вестник СПб университета. Сер. 7. 1997. № 3. С. 3-15.
5. Савицкий А.В., Громов Ю.А., Мельников Е.В. и др. Урановое оруденение Лицевского района на Кольском п-ове, Россия // Геология рудных месторождений. 1995. Т. 37. № 5. С. 403-416.
6. Турченко С.И. Металлогения тектонических структур палеопротерозоя. СПб.: Наука, 2007. 250 с.
7. Яковлев Ю.Н., Казанский В.И. Корреляция рудной минерализации в разрезе Кольской сверхглубокой скважины // Геология рудных месторождений. 1998. Т. 40. № 4. С. 379-392.
8. Kogarko L.N., Williams C.T., Woolley P.I. Chemical evolution and petrogenetic implications of loparite in the layered, agpaitic Lovozero complex, Kola Peninsula, Russia // Mineral. and Petrol. 2002. N 74. P 1-24.

МАГМАТИЧЕСКИЕ ИСТОЧНИКИ ДАЕК И ЖИЛ МОНЧЕТУНДРОВСКОГО МАССИВА

Нерович Л.И., Баянова Т.Б., Серов П.А., Елизаров Д.В.

Геологический институт КНЦ РАН, Апатиты, nerovich@geoksc.apatity.ru, tamara@geoksc.apatity.ru, serov@geoksc.apatity.ru, elizarov@geoksc.apatity.ru

Цель работы – характеристика заключительных стадий магматизма в пределах Мончетундровского массива. Для этого исследованы дайки и жилы центральной и ЮВ частей массива и определены основные геохимические и изотопно-геохимические параметры их источников. Среди пород дайково-жильного комплекса здесь наиболее широко представлены долериты и габбро-пегматиты, а наиболее поздними являются жилы аплитов.

Долериты Мончетундровского массива по содержанию TiO_2 и Σ FeO подразделены на титанистые ферродолериты (Ti-dol), ферродолериты (Fe-dol) и габбро-долериты (Gb-dol) (рис. 1). Среди Ti-dol выделены подгруппы Ti-dol_1 и Ti-dol_2. Все долеритовые дайки имеют СЗ и С простирание, вертикальное и субвертикальное положение контактов. Характерно отсутствие зон закалки. В каждой группе отмечаются дайки с хорошей сохранностью первичных минералов и/или структур пород и полностью преобразованные в амфиболиты. Последнее определяется их нахождением в зонах рассланцевания и бластомилонитизации. Взаимных пересечений даек не отмечено. Мощность даек изменяется от первых десятков см до 15 м, протяженность колеблется от нескольких до 100 м. Отдельные дайки Gb-dol имеют мощность до 50 м и содержат ксенолиты вмещающих габброидов.

В наиболее хорошо сохранившейся дайке из подгруппы Ti-dol_2 порода представляет собой долеритовый порфирит, сложенный плагиоклазом (60 об. %), клинопироксеном (25), кварцем (10), рудным минералом (5-7). Вторичные минералы представлены амфиболом и биотитом. В дайках Ti-dol_1 первичные темноцветные минералы полностью замещены амфиболом и лишь в единичных случаях сохраняются ре-

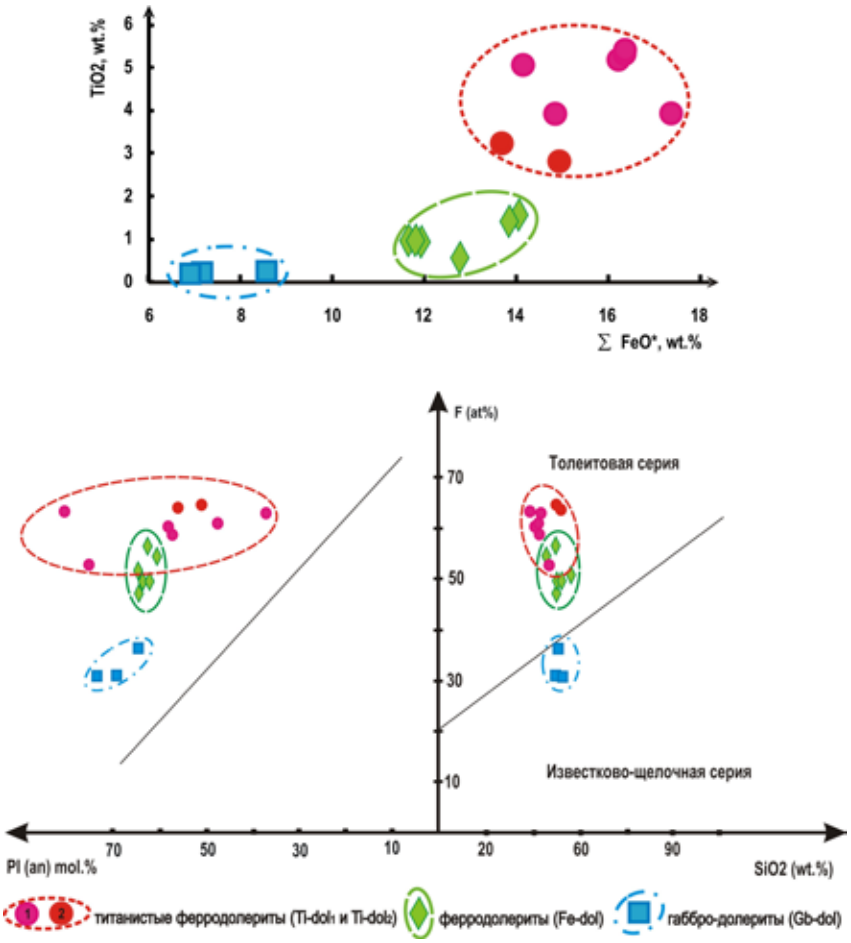


Рис. 1. Петрохимические диаграммы TiO_2 – Σ FeO* и Pl(an) – Fat – SiO_2 для долеритов Мончетундровского массива.

ликты офитовой структуры. Такие породы состоят из первичного плагиоклаза (50-55 об. %), амфибола (30-35) и рудного минерала (15). Сильно метаморфизованные разности Ti-dol представлены плагиоамфиболитами, а также относительно более меланократовыми амфиболитами и эпидотовыми амфиболитами с лепидогранобластовой структурой. Fe-dol из наиболее сохранившейся дайки состоит из клинопироксена (50-55 об. %), плагиоклаза (35-40), рудного минерала (3-5). Клинопироксен частично замещен амфиболом, в небольшом количестве присутствует биотит. Большинство изученных даек Fe-dol представляет собой амфиболизированные породы с полностью измененными пироксенами, но хорошо сохранившейся офитовой структурой. Реже породы превращены в тонкозернистые амфиболиты. Gb-dol амфиболизированы и первичные темноцветные минералы в них не сохранились. Порода состоит из первичного плагиоклаза (45-60 об. %) и амфибола (40-50). Иногда отмечается кварц (< 1) и единичные зерна рудного минерала. Хорошо сохранилась габбро-офитовая структура, обусловленная идиоморфными лейстовидными разноориентированными зёрнами плагиоклаза более крупных размеров, чем в охарактеризованных разновидностях долеритов. Мощность жил габбро-пегматитов обычно не превышает 0.5 м, но иногда достигает 7-10 м. Контакт жильных пегматитов с вмещающими породами, как правило, отчетливый. Пегматиты в разной степени изменены вторичными процессами и сложены клинопироксеном (15-40 об. %), ортопироксеном (0-20), плагиоклазом (35-45), титаномагнетитом (5-10), кварцем (1-10), микропегматитом, калиевым полевым шпатом. Вторичные минералы представлены: амфиболом (от 3 до 45), гранатом (до 5), биотитом (1-3), хлоритом (до 3), эпидотом (до 5-7). Акцессорные минералы – апатит и циркон. Жилы аплитов приурочены к трещинам отдельности в породах массива, мощность обычно не превышает первых см. Главными минералами аплитов являются плагиоклаз (40-45 об. %) и кварц (50-55). Второстепенные и акцессорные минералы представлены биотитом, мусковитом, рудным минералом, апатитом, титанитом, алланитом, цирконом. Вторичные минералы – соссюрит, эпидот и хлорит.

Все породы дайково-жильного комплекса относятся к породам нормального ряда ($CaO + Na_2O + K_2O > Al_2O_3 > K_2O + Na_2O$). Ti-dol и Fe-dol, а также габбро-пегматиты и аплиты принадлежат к породам толеитовой серии, Gb-dol – к известково-щелочной серии (рис. 1). Fe-dol и Ti-dol_2 – кварцнормативные, Gb-dol и Ti-dol_1 имеют кварц- и оливиннормативные составы. В Ti-dol_1 наряду с оливином в небольшом количестве отмечается нормативный нефелин. Ti-dol_1 отличаются от Ti-dol_2 более высоким содержанием TiO_2, MgO, CaO и более низким содержанием SiO_2, K_2O. Для Ti-dol обращает на себя внимание высокое отношение TiO_2/Na_2O, которое является важным критерием глубинности процессов мантийного магмообразования [7, 17]. Для Ti-dol_1 оно достигает значения 4.08, подобные значения отмечаются в некоторых кимберлитах. Ti-dol Мончетундровского массива, также как и другие дайки титанистых долеритов Мончегорского района, не имеют геохимических аналогов среди вулканитов Печенга-Имандра-Варзугской рифтогенной структуры [6] и отличаются от даек титанистых долеритов других районов Кольского п-ова и даже других участков Мончегорского района. Так, содержание K_2O в дайках, прорывающих г. Ниттис [1] составляет 1.54 мас. %, г. Генеральскую – 0.91-1.26 мас. %. В дайке с Приозерного участка оз. Имандра содержится 1.64 мас. % K_2O, с Кировогорского железорудного карьера – 0.87 мас. %. Это превышает содержания K_2O в Ti-dol_2 (0.9-0.94 мас. %) и тем более в Ti-dol_1 (0.35-0.79 мас. %). По совокупности геохимических характеристик Ti-dol Мончетундровского массива больше похожи на дайки палеозойских долеритов (К30, 322 ± 68 млн. лет, Зап. Кейвы) [1], чем на свекофеннские титанистые метавулканиты Печенга-Имандра-Варзуги или предположительно свекофеннские дайки титанистых долеритов других районов Кольского п-ова. Но Ti-dol Мончетундровского массива часто превращены в амфиболиты, что исключает их палеозойский возраст.

Возраст Fe-dol массива определен U-Pb методом по цирконам и составляет 2505 ± 26 млн. лет, возраст вмещающих их амфиболизированных габброидов 2516 ± 12 млн. лет. Для докембрийских титанистых долеритов Кольского п-ова к настоящему моменту нет определений возраста. Верхним пределом возраста внедрения Ti-dol Мончетундровского массива может служить возраст заложения Мончетундровского разлома, который оценивается в 2 млрд. лет [10]. По результатам исследования U-Pb изотопной системы цирконов из габбро-пегматитов и титанитов из аплитов установлен возраст событий, характеризующих позднемагматическую стадию собственно Мончетундровского массива (2445 ± 1.7 млн. лет) и возраст наиболее поздних проявлений магматизма в пределах массива, которые связаны с этапом свекофеннской орогении (1900 ± 9 млн. лет).

Ti-dol выделяются высокими содержаниями Sm и Nd и имеют положительные значения ε_{Nd} (+0.9 ÷ +6.37) для возраста 2500, но и для 2.0 млрд. лет положительные значения явно преобладают. В Fe-dol ε_{Nd} (2500) изменяется от –0.61 до +5.06, при доминировании высоких положительных значений. Sm-Nd данные ука-

зывают на деплетированный относительно DM мантийный источник расплавов для Ti-dol и Fe-dol. Значения Isr в Ti-dol составляют 0.7028 и 0.7035 для возрастов 2.5 и 2.0 млрд. лет, что выше, чем в деплетированной мантии на соответствующий возраст и не согласуется с DM источником. Для Fe-dol значение Isr составляет 0.7012, отвечающее деплетированному мантийному источнику. Изотопные данные для Gb-dol носят противоречивый характер. ε_{Nd} и I_{Sr} , равные -0.24 и 0.7027 в Gb-dol из центральной части крупной дайки, соответствуют области слабо обогащенных мантийных (либо контаминированных коровыми породами) протолитов расслоенных интрузий Балтийского щита [2]. ε_{Nd} в краевой части дайки равно +2.83 и указывает на умеренно деплетированный мантийный источник. Также неоднозначны исследования Sm-Nd изотопной системы жильных габбро-пегматитов, которые характеризуются положительными (+2.58, +3.79) и отрицательными (-2.12) значениями ε_{Nd} (2445). Для аплитов получено отрицательное ε_{Nd} (1900), равное -5.45.

По высокому содержанию несовместимых элементов, включая REE, и дифференцированному спектру их распределения ((La/Yb)N = 9.3 ÷ 14.3) Ti-dol Мончетундровского массива сопоставимы с базальтами океанических островов (OIB) (рис. 2, 3). Ti-dol Мончетундры, как и другие породы [7, 13, 19] с OIB-подобными характеристиками, имеют высокие значения Nb/U (48 ÷ 60), Th/Yb (1.5 ÷ 1.98), Ta/Yb (1.1 ÷ 1.44), (Gd/Yb)pm (2.8 ÷ 3.8) и низкие Zr/Nb (5 ÷ 7). Аналогично другим OIB в них, при обогащении в целом несовместимыми элементами и Ta-Nb максимуме, наблюдается относительное обеднение Rb, Ba (рис. 2б), что указывает на отсутствие коровой компоненты в протолите Ti-dol, а повышенное отношение La/Nb (0.84 ÷ 1.16) может свидетельствовать о примеси деплетированного материала в их явно обогащенном некогерентными элементами источнике.

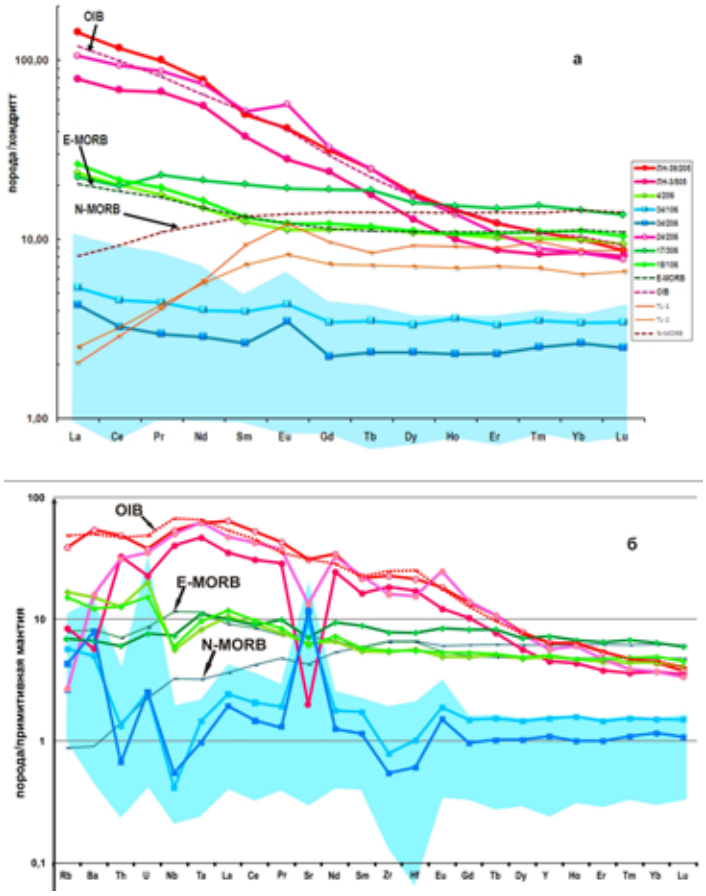


Рис. 2. Содержание элементов-примесей, нормированных по хондриту [12] (а) и примитивной мантии [18] (б) в титанистых ферродолеритах (39/205, 3/505, 24/206), ферродолеритах (18/106, 17/306, 4/206), габбро-долеритах (34/106, 34/206) Мончетундровского массива и низкокалиевых микрогаббро (Tl) [9]. Голубым фоном показано поле составов пород расслоенного комплекса Мончетундровского массива. (OIB) – базальты океанических островов, (N-MORB) – базальты СОХ, E-MORB – слабо обогащенные базальты СОХ.

Рассматривались два варианта интерпретации полученных для Ti-dol изотопных и геохимических данных. Первый предполагает деплетированный источник, обогащенный несовместимыми элементами за счет океанической коры. По [15], 2.1-2.0. млрд. лет назад произошла инверсия тектонического режима с преобразованием внутриконтинентального рифта Печенга-Имандра-Варзуга в океанический бассейн. Если Ti-dol имеют свекофеннский возраст, то вариант имеет право на существование. Но независимо от возраста более предпочтительным представляется другое объяснение. OIB-подобные геохимические характеристики базитовых расплавов, аналогичные наблюдаемым в Ti-dol Мончетундровского массива, в современной литературе сопоставляются с плюмом, не только в океанах, но и на континентах. Производные высокотитанистых «плюмовых» магм широко представлены в магматических провинциях фанерозоя – траппах Сибири и Декана, а также в неопротерозойских провинциях платобазальтов востока Канады и США и Волынско-Брестской на западе Восточно-Европейского кратона [5, 13, 16].

Положительные значения ε_{Nd} присущи всем OIB, кроме EM-1 [14]. Сочетание высокорадиогенного состава Nd и высоких содержаний несовместимых элементов при отсутствии геохимических показателей вклада вещества континентальной коры типично для многих пород «классических» областей плюмового магматизма, характерно это и для высокотитанистых базальтов мира [5]. Как правило, именно изотопный

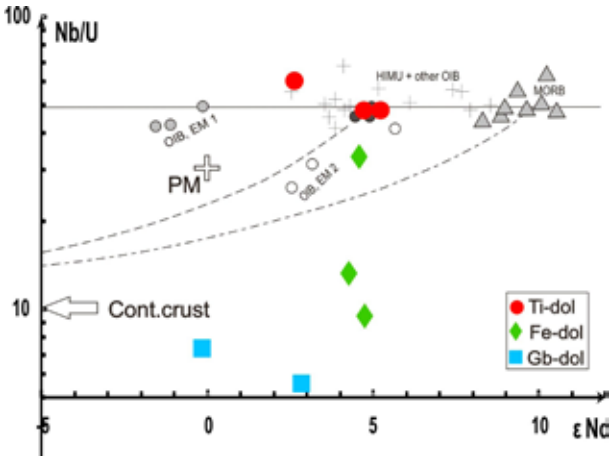


Рис. 3. Диаграмма Nb/U – ε_{Nd} [14] для долеритов Мончетундровского массива.

состав Nd рассматривают как главный критерий расшифровки возможных механизмов обогащения несовместимыми элементами: контаминация океанической корой, рециклинг океанической коры непосредственно в мантию, мантийный метасоматоз и др. Но исходя из глубинной природы плюмов можно допустить, что источником данных пород являются нижние уровни мантии, вещество которых почти не было задействовано при континентальном корообразовании и потому богато несовместимыми элементами. Все породы, для которых предполагают глубинные источники, имеют высокие содержания высокозарядных элементов, а значения ε_{Nd} могут варьировать, в том числе в кимберлитах [3, 19].

Высокие содержания несовместимых элементов, OIB подобный тип распределения, Ta и Nb максимумы, высокие Nb/U, Th/Yb, Ta/Yb, (Gd/Yb)pm, TiO_2/Na_2O, низкое Zr/Nb, повышенное Isr указывают на определяющий вклад обогащенного глубинного плюмового компонента в протолите Ti-dol Мончетундры. Ti-dol – вещественное выражение палеопротерозойского плюма. К ним очень подходит определение, которое использует А.А. Щипанский [11] – «пальцы плюма». Вклад деплетированного вещества в источник Ti-dol может быть связан с захватом материала астеносферной мантии при подъеме плюма. Присутствие под Мончетундровским массивом палеопротерозойских даек низкокалиевых микрогаббро, отвечающих по составу предельно деплетированным базальтам СОХ [9], фиксирует для палеопротерозоя наличие здесь пород, с позиций геохимии отвечающих характеристикам производных современной астеносферной мантии. Авторы [9] связывают образование низкокалиевых микрогаббро с локальным плавлением шпинелевых перидотитов литосферной мантии. Это требует низкой степени плавления очень бедного калием субстрата, так как содержание несовместимых элементов в микрогаббро в среднем в 10 раз выше, чем в типичных шпинелевых лерцолитах [4], а содержание $K_2O < 0.05$ мас. %. Но состав низкокалиевых микрогаббро позволяет предположить, что источником для них были более глубинные уровни мантии, с позиций геохимии аналогичные современной астеносферной мантии. По-видимому, при подъеме плюма вещество астеносферы на отдельных участках в разных объемах захватывалось и транпортировалось, что обеспечило примесь деплетированного материала для Ti-dol и определило состав протолита для микрогаббро. Таким образом, состав протолита Ti-dol определяется смешением геохимически обогащенного глубинного плюмового компонента и деплетированного астеносферного. Сходство Ti-dol с некоторыми палеозойскими дайками объясняется тем, что формирование палеопротерозойской и палеозойской магматических провинций Кольского п-ова связано с плюмом.

Fe-dol Мончетундровского массива характеризуются очень пологим слабо дифференцированным графиком распределения REE (рис. 2а) с $(La/Yb)_N$ = 1.5-2.4. По уровню накопления REE и спектру распределения они сопоставимы со слабо обогащенными составами срединноокеанических базальтов (E-MORB). На мультиэлементных спектрах несовместимых элементов, нормализованных по примитивной мантии (рис. 2б), составы Fe-dol близки к E-MORB, за исключением левой части спектра, где наблюдается заметный Nb минимум и относительное обогащение Rb, Ba, U. Значение Nb/U в Fe-dol варьирует от 32.6, что сопоставимо с мантийным (47±10 [13]) до 9.5. Обогащение крупноионными литофильными элементами и понижение величины Nb/U [8, 14] могут служить показателем участия материала континентальной коры в источнике Fe-dol. Положение Fe-dol по обе стороны от линии смешения источников MORB и континентальной коры на рис. 3 не противоречит наличию именно такого смешанного источника. В совокупности с устойчиво положительными значениями ε_{Nd} (-0.61 ÷ +5.06) и низкими значениями Isr (0.7012) это указывает на деплетированный мантийный источник с небольшим вкладом коровой компоненты для Fe-dol.

Gb-dol имеют слабо дифференцированный спектр распределения REE с $(La/Yb)_N$ = 1.6. По предельно низкому содержанию REE они попадают в поле составов пород Мончетундровского массива (рис. 2). На мультиэлементных графиках распределения несовместимых элементов, нормализованных на примитивную мантию (рис. 2б), Gb-dol демонстрируют хорошо выраженный Nb минимум и относительное обогащение U, Rb, Ba и особенно Sr, что говорит о коровой составляющей в протолите Gb-dol. Для Gb-dol ха-

рактерно очень низкое Nb/U отношение (рис. 3), как и для пород Мончетундровского массива. Исходные расплавы для Gb-dol и пород расслоенного комплекса массива формировались в литосферной мантии, истощенной после архейских процессов корообразования, над поднимающимся мантийным плюмом при участии корового компонента.

В габбро-пегматитах содержание REE и большинства несовместимых элементов выше, чем в породах расслоенного комплекса. Анализ распределения составов пород, нормированных на хондрит, показывает умеренно дифференцированный спектр и обогащение габбро-пегматитов легкими REE: $(La/Yb)_N$ = 2.2-3 и $(La/Sm)_N$ = 1.9-2.1. Отличает их и отсутствие Eu максимума, в наиболее меланократовом образце наблюдается Eu минимум. На графике составов пород, нормализованных по примитивной мантии, наблюдается Ta-Nb минимум и обогащение Ba, U, Zr, что подтверждает присутствие коровой компоненты в их общем с породами расслоенного комплекса протолите. Для габбро-пегматитов характерно повышенное отношение Nb/U (14.8-24.3). Возможно, это (как и вариации ε_{Nd}) объясняется влиянием глубинных мантийных источников. Относительно высокие, по сравнению с расслоенным комплексом, содержания несовместимых элементов в габбро-пегматитах объясняются не только и не столько их накоплением в продуктах остаточной магмы, сколько вкладом глубинного мантийного источника. Аплиты, исходя из низкорадиогенного состава Nd, генерировались из сиалического корового источника.

Авторы выражают благодарность к.г.-м.н. В.Р. Ветрину и д.г.-м.н. В.В. Балаганскому за консультации. Исследования поддержаны грантами РФФИ 11-05-12012 и 11-05-92704.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Арзамасцев А.А., Федотов Ж.А., Арзамасцева Л.В. Дайковый магматизм СВ части Балтийского щита. СПб.: Наука, 2009. 383 с.
2. Баянова Т.Б. Возраст реперных геологических комплексов Кольского региона и длительность процессов магматизма. СПб.: Наука, 2004. 174 с.
3. Костровицкий С.И., Морикио Т., Серов И.В. и др. Изотопно-геохимическая систематика кимберлитов Сибирской платформы // Геология и геофизика. 2007. Т. 48. № 3. С. 350-371.
4. Леснов Ф.П. Редкоземельные элементы в ультрамафитовых и мафитовых породах и их минералах. Кн. 1. Н.: Изд-во «Гео», 2007. 403 с.
5. Носова А.А., Кузьменкова О.Ф., Веретенников Н.В. и др. Неопротерозойская Волынско-Брестская магматическая провинция на западе Восточно-Европейского кратона: особенности внутриплитного магматизма в области древней шовной зоны // Петрология. 2008. Т. 16. № 2. С. 115-147.
6. Расслоенные интрузии Мончегорского рудного района: петрология, оруденение, изотопия, глубинное строение / Ред. Ф.П. Митрофанов, В.Ф. Смолькин. Ч. 1. Апатиты: Изд-во КНЦ РАН, 2004. 177 с.
7. Рябчиков И.Д. Мантийные магмы – сенсор состава глубинных геосфер // Геология рудных месторождений. 2005. Т. 47. № 6. С. 501-515.
8. Туркина О.М. Лекции по геохимии мантии и континентальной коры. Уч. пособие. Н.: Изд-во НГУ, 2007. 150 с.
9. Федотов Ж.А., Серов П.А., Елизаров Д.В. Толеиты из деплетированной субкратонной мантии в корневой зоне Мончегорского плутона, Балтийский щит // Докл. АН. 2009. Т. 429. № 2. С. 1-5.
10. 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.
11. Щипанский А.А. Субдукционные и мантийно-плюмовые процессы в геодинамике формирования архейских зеленокаменных поясов. М.: Изд-во ЛКИ, 2008. 560 с.
12. Boynton W.V. Cosmochemistry of the rare earth elements: meteorite studies // Ed. Henderson P. Rare earth element geochemistry. Amsterdam: Elsevier, 1984. P 63-114.
13. Farmer G.L. Continental Basaltic Rocks // Treatise on Geochemistry. 2003. V 3. P 85-121.
14. Hofmann A.W. Mantle geochemistry: the message from oceanic volcanism // Nature. 1997. V 385. P 219-229.
15. Melezhik V.A., Sturt B.A. General geology and evolutionary history of the early Proterozoic Polmak-Pasvik-Pechenga-Imandra/Varzuga-Ust´Ponoy greenstone belt in the northeastern Baltic shield // Earth Science Reviews. 1994. N 36. P 205-241.
16. Puffer J.H. Late Neoproterozoic Eastern Laurentian Superplume: location, size, chemical composition, and environmental impact // Amer. J. Science. 2002. V 302. P 1-27.
17. Putirka K. Clinopyroxene+liquid equilibria to 100 kbar and 2450 K // Contrib. Mineral. Petrol. 1999. V 135. P 151-163.

18. Sun S.S., McDonough W.F. Chemical and isotopic systematics of oceanic basalts: implications for mantle composition and processes // Eds. Saunders A.D., Norry M.J. Magmatism in the oceanic basins. Geol. Soc. Spec. Publ. 1989. N 42. P 313-345.
19. Smith C.B. Pb, Sr and Nd isotopic evidence for sources of southern African cretaceous kimberlites // Nature. 1983. V 304. N 5921. P 51-54.
20. Tomlinson K.Y., Condie K.C. // Geol. Soc. Amer. Spec. Pap. 2001. V 352. P 341-358.

МИНЕРАЛЬНЫЕ РЕСУРСЫ ДАЛЬНЕВОСТОЧНОГО РЕГИОНА

Нигай Е.В.
Институт горного дела ДВО РАН, Хабаровск, nigay@igd.khv.ru

В Дальневосточном регионе (ДВР) сосредоточено > 25 % общероссийских запасов TR, > 25 % W, 33 % Au, 37.3 % Ag, > 50 % флюорита, 60 % U, 80 % алмазов, 85 % Sb, 95 % Sn, 100 % B [1, 2]. Особо важное федеральное значение имеют крупные месторождения Fe – Тарыннахское, Таежное, Гаринское, Сутарское и др.; Sn (с W) – Депутатское, Правоурмийское и др.; Sb (с Au) – Сарылахское, Сентачанское, Кючус; флюорита (с TR) – Ярославское, Пограничное; W – Лермонтовское, Восток-2 и др.; Pb и Zn (с Ag) – Дальнегорское, Николаевское, Майминовское; Au – Нежданинское, Куранахское, Многовершинное, Наталкинское, Купол и др.; Ag – Дукатское, Купол, Хаканджинское и др.; Pt – Кондёр, алмазов – Трубка Удачная, Трубка Юбилейная и др.; U – Эльконская группа месторождений; TR – Томторское; Hg – Тамватнейское и Западно-Палянское; коксующихся углей – Нерюнгринское и др., газа – Лунское и др.; B – Дальнегорское и Таежное; минеральных и лечебных вод – Ласточка, Шмаковка, Горные Ключи, Кульдурские, Анненские, Паратунские, Малкинские воды.

Важное значение для развития региона имеют и менее крупные комплексные месторождения Sn, Cu, W, Zr и TR, алунитов и цеолитов Хабаровского края, месторождения фосфатного сырья в Республике Саха, каменных и бурых углей (практически в каждом субъекте), нефти и природного газа, пьезокварца, чароита, хромдиопсида, поваренной соли, комплексные медно-порфировые с Au и Ag месторождения Амурской области, месторождения графитовых, марганцевых, магнезитовых и бруситовых руд Еврейской АО, месторождения Ni, Cu и Co на Камчатке, каолина, известняков и глин для производства цемента. Месторождения строительного сырья имеют районное значение. Но их добыча и воспроизводство являются необходимым условием для освоения более ценных минеральных ресурсов, так как развитие горнопромышленного комплекса немыслимо без строительства дорог и промышленных сооружений. Развитие горной промышленности региона неразрывно связано с обеспеченностью его не только промышленно значимыми запасами, но и прогнозными ресурсами на десятилетия вперед, что позволит эффективно, без остановки горного производства вести добычу полезных ископаемых.

Перспективы расширения МСБ ТЭК. Создание крупной минерально-сырьевой базы (МСБ) нефтегазовой промышленности топливно-энергетического комплекса (ТЭК) региона связано с освоением прибрежно-морских, морских и континентальных нефтегазоносных структур. Нефтегазоносные месторождения прогнозируются в перспективных районах, идентичных известным по тектоническому и литолого-стратиграфическому строению. Нефтегазоносность шельфа окраинных арктических и дальневосточных морей составляет около 20 % от перспективных прогнозных ресурсов России. Наиболее изученным в геологическом отношении является Охотское море, на которое приходится около половины прогнозных ресурсов нефти и газа шельфовых площадей ДВР. Менее изучены Чукотское и Берингово моря. Перспективность газоносности современных шельфовых зон и морей, прилегающих к берегам Чукотки и Якутии, значительна и составляет более 7 трлн. м^3 газа. Перспективы газоносности одного только шельфа Охотского моря прогнозируется на уровне 4.97 трлн. м^3 газа (табл. 1). Центрально-Якутская равнина, Яно-Индигирская, Колымская и Северо-Сибирская низменности, испытавшие неоднократные трансгрессии и регрессии, имеют общую потенциальную газоносность в 7.7 трлн. м^3 [2].

Фактически все субъекты региона обеспечены запасами каменных и, особенно, бурых углей (в Амурской области 71 млрд. т бурых углей категорий $A+B+C_1+C_2+P_1+P_2$). Но только в Республике Саха имеются значительные запасы коксующихся углей. Большие перспективы прироста прогнозных ресурсов и запасов каменных углей связаны в Хабаровском крае с доразведкой Худурканского месторождения (часть Токкинского каменноугольного бассейна).

Таблица 1. Ресурсный потенциал природного газа шельфовых зон ДВР [2].

Перспективные площади	Прогнозные ресурсы, трлн. м^3
Охотское море	4.97
Восточно-Сибирское море	3.35
Море Лаптевых	2.24
Чукотское море	1.49
Берингово море	0.72
Всего	12.77

Перспективы расширения МСБ черной металлургии. Регион в целом обеспечен запасами и прогнозными ресурсами железных руд: 7.5 млрд. т запасов и 13.1 – прогнозных ресурсов [1]. Перспективы прироста запасов железных руд для развития в регионе черной металлургии и строительства нескольких металлургических комбинатов достаточно высока. Большими возможностями прироста обладает Удско-Шантарский бассейн (Тугуро-Чумиканский район Хабаровского края), где известно несколько перспективных недоразведанных месторождений и проявлений Fe (Мильканское, Галамское и др.). Осуществлена предварительная оценка их прогнозных ресурсов, рекомендуется постановка дальнейших геологоразведочных работ (ГРР).

Недостаточная изученность предварительно разведанных титановых рудных и россыпных месторождений на территории Амурской обл., Хабаровского и Приморского краёв тормозит освоение титановых месторождений и создание горнообогатительного производства металлического Ti в регионе, а также производство TiO_2. Освоение перспективных объектов возможно на базе апатит-ильменит-магнетитовых рудных месторождений Баладекского р-на после проведения детальных ГРР. Титано-магнетитовые россыпные месторождения р. Таймень в р-не Джугджура и р. Кэдими (Зап. Сихотэ-Алинь) требуют детальной разведки.

Перспективы расширения МСБ благородных металлов. Перспективами открытия новых месторождений МПГ обладают дунитовые и габбро-анортозитовые комплексы пород, базит-гипербазиты Анабарского щита, центральная и ЮВ части Сибирской платформы. В Хабаровском крае большими перспективами на МПГ обладает Лантарьский габбро-анортозитовый массив. Здесь известны перспективные рудопроявления Pt (Няндоми и др.), подсчитаны прогнозные ресурсы Pt и МПГ по категории P_3 (> 100 т), известны Чадский, Кондёрский и Феклистовский платиноносные массивы. В Амурской обл. перспективны на Pt отдельные выходы Лукиндинского массива, где установлены рудопроявления МПГ. Проявления самородной Pt, сперрилита, иридосмина, лаурита и сульфоарсенидов в Амурской обл. обнаружены в Дамбукинском золотоносном районе, в золотоносных россыпях р. Средний Ульдегит, Малый Ульдегит, Большие Дамбуки и др. Платиноносность Приморского края связывается с выходами пород ультраосновного состава в Ханкайском срединном массиве (Пограничный, Пожарский и Спасский р-ны), где в шлихах из рыхлых отложений установлена Pt.

Таблица 2. Прогнозные ресурсы Au по ДВР на 2007 г.

Субъекты ДВР	Рудное Au (P_1+P_2+P_3), т	Россыпное Au (P_1+P_2+P_3), т
Приморский край	40	20
Сахалинская обл.	45	10
ЕАО	20	25
Амурская обл.	280	65
Камчатский край	340	5
Чукотский АО	310	160
Хабаровский край	400	55
Магаданская обл.	430	180
Республика Саха	320	80
Всего	2185	600

Прирост прогнозных ресурсов Au возможен за счет перспективных рудопроявлений в известных золоторудных и золотороссыпных районах, доразведки мелких месторождений, промышленной оценки и переоценки техногенных и глубокозалегающих россыпей, оценки золотоносности палеоген-неогеновых

кор выветривания. Наиболее перспективны в Хабаровском крае Аяно-Майский и Охотский р-ны, где осваивается ряд мелких коренных месторождений. В Приморском крае наиболее перспективна на рудное Au Сергеевская металлогеническая зона. В Магаданской обл. значительный прирост запасов (> 1.5 тыс. т) связан с переоценкой Наталкинского месторождения. Прогнозный потенциал Au по [3], с изменениями и дополнениями по ЕАО и Приморскому краю, представлен в табл. 2.

Перспективы расширения МСБ цветных металлов. Прирост запасов Cu возможен также на основе доразведки известных Sn-W-Cu (Солнечный и Баджальский р-ны), Au-Cu-Mo (Пионерское, Боргуликан) месторождений и выявления новых Cu-Ni месторождений на основе большого объема геологоразведочных работ в пределах крупных габбро-анортозитовых массивов (Лантарьского и др.), а также в пределах металлоносных раннепротерозойских впадин (Улканской и др.) и потенциально металлоносных базит-гипербазитовых интрузивов Алданского и Анабарского щитов и их обрамления.

Большими перспективами расширения МСБ Ni и Co располагает Камчатка, где в 2005 г. открыто Шанучское месторождение. Имеются перспективы значительного прироста Cu, Ni и Co за счет прогнозируемых в дунитовых и габбро-анортозитовых массивах комплексных Cu-Ni и Pt-Au месторождений Чукотского АО и Камчатского края.

МСБ Sn значительна и сосредоточена в основном в Республике Саха и Хабаровском крае. Но половина запасов Sn с ценными сопутствующими компонентами (Cu, W) отработана, оставшиеся запасы характеризуются невысоким качеством руд, а месторождения – сложными горнотехническими условиями разработки. Практически все прогнозные ресурсы Sn РФ, составляющие 1.037 млн. т [2], сосредоточены в ДВР, при этом 64 % их оцениваются по P_2 и P_3 [2].

Дальневосточный регион занимает первое место в России по прогнозным ресурсам W категории P_1 – 87 % [2]. Перспективными на W площадями в Хабаровском крае являются: проявления на уч. Ледниковый, Сармака и Богучанское (хр. Ям-Алинь, р-н им. Полины Осипенко), бассейн р. Юдомы – W-Mo проявления Бургагли-Дубль и Дочканах, Муромец (Аяно-Майский район – W и Cu), Сурхо (Дочканахский вулканоген в Охотском р-не), а также Верхне-Хорский участок (Зап. Сихотэ-Алинь). В связи с резким снижением добычи W необходимо усилить разведку на перспективных площадях в Охотском и Аяно-Майском р-нах. По данным поисковых партий ГСЭ в них преобладает вольфрамит-кварцевая формация, характеризующаяся высокими средними содержаниями WO_3.

К месторождениям с богатыми вольфрамовыми рудами относятся скарновые шеелитовые Восток-2 и Лермонтовское, Приморье. В пределах Приморского края перспективными на вольфрамовое оруденение являются Арму-Большеуссурская, Бикинская и Верхне-Бикинская площади.

В Хабаровском крае, в пределах Чаятынского месторождения полиметаллических руд (с запасами Pb 71.3 тыс. т и Zn 134.2 тыс. т) возможен значительный прирост прогнозных ресурсов полиметаллов на площадях рудопроявлений Стланникового, Долинного и др. Известны также два перспективных Pb-Zn рудопроявления Лариса и Цветок в Охотском р-не. Средние содержания компонентов в рудных телах рудопроявления Лариса: Zn 0.4-1.2 %, Pb 0.11-0.20 %; рудопроявления Цветок: Zn 2 %; Pb 1 %.

Значительные запасы и ресурсы Pb и Zn сосредоточены в Ag-полиметаллических месторождениях Омсукчанского прогиба (Гольцовый) и Sn-Ag-полиметаллических месторождений Куйдусунского вулканогенного образования в пределах Джугджурского тектоно-магматического поднятия вблизи Хаардахского Sn-Ag месторождения. Галенит-сфалеритовые руды Гольцовского Ag-полиметаллического месторождения в Магаданской обл. легко обогащаются гравитационно-флотационным способом. Извлечение Pb составляет 59 %, Zn – 55 %.

Доля разведанных запасов Mo в ДВР от общероссийских весьма незначительна. Mo руды являются частью Cu-Mo месторождений Амурской обл. (Боргуликанское и Пионерское Au-Mo-Cu-порфировые месторождения). Известны мелкие отработанные месторождения в Хабаровском крае (Умальтинское и др.). В то же время, ресурсный потенциал Mo может быть увеличен. Перспективы выявления Mo месторождений связываются в Амурской обл. – с Боргуликанской и Селитканской; в Хабаровском крае – Тырмо-Ниманской (рудопроявление Метрекское), Средне-Хорской, Хуту-Коппинской, Тумнинской и Ульбанской; в Приморском крае – с Малиновской площадью и др. На указанных площадях целесообразно проведение детальных ГРР масштабов 1:10000, 1:5000 и крупнее. В Хабаровском крае наиболее перспективными являются три рудопроявления в пределах Ульбанской молибденоносной площади в Охотском р-не: Лево-Атыканское, Розовое и Дарпичан. Предварительно оцененные прогнозные ресурсы Лево-Атыканского рудопроявления (бассейн р. Нют, в 130 км от Охотска) по P_1 позволили отнести его к крупному прогнозируемому месторождению – 100 тыс. т Mo [4]. Рекомендована постановка детальных ГРР.

Таким образом, перспективы наращивания прогнозного потенциала и увеличения запасов различных видов минеральных ресурсов по региону весьма велики. ДВР – самый перспективный на выявление новых рудных районов и месторождений в связи с его слабой геологической изученностью и малой освоенностью, особенно труднодоступных северных территорий. На высшем государственном уровне необходимо решить проблему более полного отечественного финансирования поисковых и геологоразведочных работ для воспроизводства минерально-сырьевой базы ДВР. Крайне важно финансирование ранних стадий поисково-разведочных работ, сопряженных с риском получения отрицательного результата.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Архипов Г.И. Минеральные ресурсы горнорудной промышленности Дальнего Востока. Обзор состояния и возможности развития. М.: Изд-во «Горная книга», 2011. 830 с.
2. Бавлов В.Н. и др. Государственный доклад «О состоянии и использовании минерально-сырьевых ресурсов РФ в 2003 г. М.: Изд-во МПР, 2004. 52 с.
3. Беневольский Б.И. Сырьевая база золота на пути развития – проблемы и перспективы // Минеральные ресурсы России. Экономика и управление. 2006. № 2. С. 8-14.
4. Онихимовский В.В., Беломестных Ю.С. Полезные ископаемые Хабаровского края. Хабаровск: Изд-во Приамурского геогр. об-ва, 1996. 484 с.

ГОРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ СТРОИТЕЛЬНЫХ ГОРНЫХ ПОРОД ДАЛЬНЕГО ВОСТОКА

Нигай Е.В., Секисов Г.В.

Институт горного дела ДВО РАН, Хабаровск, nigay@igd.khv.ru

К ликвидным строительным горным породам (г.п.) относят их востребованные и быстроокупаемые разновидности. Объемы запасов таких г.п. в Дальневосточном регионе (ДВР) значительны, но по сравнению с европейской частью и даже с Сибирским регионом они намного меньше (табл. 1), что говорит о недостаточной геологической изученности ДВР.

Таблица 1. Распределение разведанных запасов строительных горных пород [1].

Регион	Виды месторождений					
	Строительный камень		Песчано-гравийная смесь		Строительный песок	
	Количество	Запасы, млн. м^3	Количество	Запасы, млн. м^3	Количество	Запасы, млн. м^3
Сибирский	267	3036	343	2610	157	718
Дальневосточный	203	2641	200	927	108	533
Итого:	470	5677	543	3537	265	1251
Всего по России	1282	20559	1962	10312	1819	6283

Весьма значительными разведанными и подготовленными к промышленному освоению запасами строительных г.п. отличается Приморский край. Минерально-сырьевая база строительных материалов представлена месторождениями строительных камней, известняков, глин, песков и др. полезных ископаемых, запасы которых превышают мощности добывающих предприятий в десятки раз и обеспечивают их многолетнее функционирование. В частности, месторождения известняков Длинногорское (запасы 114 млн. т), Спасское (28 млн. т), тонкодисперсных глин Кулешовское (247 млн. т) и Спасское (63 млн. т) обеспечивают длительную и бесперебойную работу Спасского цементного завода.

Строительные камни применяются преимущественно как бутовый камень, щебень для дорожного строительства, балласт и заполнитель для бетона, но очень мало в качестве облицовочного материала, крошки для декоративных бетонов и мозаичных плит, бортовой, мостовой, бордюрный, оградительный и окантовочный камень, для изготовления памятников, пилонов, колонн.

В табл. 2 представлены данные по количеству основных учтенных месторождений южной окраины Дальневосточного региона по состоянию на 1.01.2007 г. Мелкие месторождения и карьеры, которые имеются возле многих населенных пунктов, в сводных кадастрах строительных горных пород не учитываются.

Таблица 2. Основные месторождения строительных горных пород юга ДВР по данным интернет-сайтов.

Виды	Хабаровский край	Приморский край	Амурская область	ЕАО
1. Камни				
а) строительные	36	38	23	5
б) облицовочные	14	3	2	7
2. Глины: а) легкоплавкие	27	46	29	30
б) тугоплавкие	5	10	н.д.	4
в) керамзитовые	20	9	12	10
г) гончарные	1	н.д.	1	н.д.
д) бентонитовые	1	н.д.	1	-
3.Пески для:				
а) бетона	15	17	14	10
б) силикатных изделий	7	3	10	-
в) кирпича	12	н.д.	н.д.	2
г) стеклянных изделий	2	н.д.	5	2
4. Песчано-гравийные смеси	38	26	46	25
5. Карбонатные породы для строительной извести	11	11	н.д.	4
6. Цементное сырье	23	14	2	5

В Амурской обл. учтено 125 месторождений нерудного сырья (каолинов, цеолитов, облицовочных камней, цементного сырья) и различных строительных г.п., из которых разрабатывается около 40 месторождений. Из самых крупных объектов, годных для производства строительных материалов, следует указать месторождения каолиновых глин Чалганское (64 млн. т) и цеолитов Куликовское (87 млн. т). Разведаны месторождения иризирующих анортозитов, используемых в качестве декоративных облицовочных камней: Сайбалахское (около 8 млн. $м^3$) и Вангинское (0.9 млн. $м^3$). Базовое значение имеет Чагоянское месторождение известняков, пригодное для производства цемента, строительной извести и известняковой муки для нужд сельского хозяйства. Балансовые запасы известняков категории $A+B+C_1$ составляют 11.8 млн. т., категории C_2 – 61.4 млн.т. Технологическими исследованиями установлена пригодность известняков Чагоянского месторождения для производства портландцемента марок 300, 400 и 500.

Хабаровский край в своем резерве имеет более 560 месторождений и перспективных проявлений строительных г.п. и в целом обеспечен основными видами строительного минерального сырья, но их большая часть находится в резерве, часть законсервирована, эксплуатируется менее 35 % разведанных объектов. В прирусловой части Амура и его притоков размещаются крупные залежи песка и глин (Приамурское – вблизи Хабаровска), песчано-гравийных материалов (Корсаковское, Краснореченское, Воронежское и др.). Эксплуатируется месторождение легкоплавких кирпичных глин Краснореченское. Имеются крупные залежи керамзитовых глин – Гаровское, Матвеевское, средние и мелкие месторождения – Краснореченское, Виноградовское и другие.

В Хабаровском крае известно свыше 50 мелких и средних месторождений строительного и облицовочного камня. Крупнейшим является Корфовское (в 1.5 км от ст. Корфовский), из карьера которого добывается строительный камень. Запасы составляют свыше 50 млн. $м^3$. В настоящее время оно разрабатывается в основном на высококачественный щебень и в меньшем объеме – бутовый камень.

На севере края рекомендовано для детальной разведки месторождение цветных конгломератов красивой окраски Юбилейное (у пос. Аян; 24.5 тыс. т по C_2). Ведется опытно-промышленная разработка месторождений родонитов – Ирнимийского, Ветвистого, Корельского (Тугуро-Чумиканский р-н) и иризирующих анортозитов Радужное – для производства облицовочных плит и поделочных изделий (р. Маймакан, Аяно-Майский р-н). Прогнозные ресурсы последнего оцениваются в 29.4 млн. т (по P_2).

В центральной части края артелью «Амур» с 2000 г. попутно с разработкой золотых россыпей отрабатываются месторождения облицовочных мраморов Кафэнское и облицовочных гранитов Эльбанское.

В крае известно два средних месторождения песков, пригодных для изготовления листового оконного стекла: Оборское – 17.4 млн. $м^3$ (вблизи Хабаровска) и Гусиные о-ва – 21.7 млн. $м^3$ (Николаевский р-н,

в 13 км от Николаевска-на-Амуре), общие запасы которых составляют 39.1 млн. м^3. Кварцевые пески на обоих месторождениях низкого качества, содержат значительное количество примеси, содержание SiO_2 на месторождении Гусиные о-ва составляет 75-80 %, что требует обогащения.

Крупные (с запасами > 10 млн. м^3) месторождения песчано-гравийных смесей в Хабаровском крае разрабатываются более 100 лет. Это Усть-Гурское (Амурский р-н) с запасами 50 млн. м^3, Силинское (Комсомольский р-н) – > 15 млн. м^3 и Переяславское (р-н им. Лазо) – 20 млн. м^3. Добыча песка с гравием на средних по запасам месторождениях составляет в настоящее время 0.1-0.2 млн. м^3 в год. На крупнейшем Гурском месторождении строительных формовочных песков, эксплуатируемом более 30 лет Амурским речным пароходством, она составляла в 1980-е гг. 0.8-1.1 млн. м^3 в год.

Собственная цементная промышленность Хабаровского края получит интенсивное развитие за счет разработки крупного Ниланского месторождения известняков (650 млн. м^3), одноименного – тонких глин (78.8 млн. м^3) и Сокдюканского – суглинков (17.7 млн. м^3), расположенных компактно на территории Кербинского золотоносного района.

В Хабаровском крае глины для производства красного кирпича, кварцевые пески для производства стекол и других строительных материалов, тонкозернистые пески и суглинки могут быть выявлены в значительных объемах в пределах озерно-аллювиальных впадин бассейна р. Амур – Среднеамурской, Удыльской, Верхнебуреинской, Кизинской, Чля-Орельской, Эворонской, Чукчагирской и др.

Новые месторождения строительного камня, кирпичных глин и песков, песчано-гравийных смесей и др. выявлены вдоль строящейся автотрассы Хабаровск – Лидога – Ванино. Она проходит по восточному обрамлению Средне-Амурской впадины, затем – через горные отроги Сихотэ-Алиня (вдоль р. Верх. Удоми, Мули, Тумнин), сложенные магматическими породами верхнемелового и палеоген-неогенового возраста.

В Еврейской АО учтено 114 месторождений строительных г.п. Месторождения песков, годных для производства силикатного кирпича, приурочены к озерно-аллювиальным неоген-четвертичным отложениям грабенообразных впадин западной части Среднеамурской депрессии. Большое значение для обеспечения кирпичных заводов Хабаровска имеют Приамурское и Дежневское месторождения формовочных песков с общими запасами 17.5 млн. м^3.

Камчатский край, в состав которого входят бывшие Камчатская обл. и Корякский АО, также обладает разнообразными минеральными ресурсами строительных горных пород, в числе которых строительные камни, песок, песчано-гравийные смеси, вулканические туфы, шлаки, пемзы, кирпичные и керамзитовые глины, минеральные краски, перлиты, цеолиты и другие полезные ископаемые, пригодные для строительства. Разрабатываемое Ильинское месторождение пемз – многопрофильного сырья местного и экспортного значения – крупнейшее в Дальневосточном регионе и уникальное по запасам – 144 млн. м^3. Крупными запасами перлитов для производства теплоизоляционных материалов, идущих на экспорт, характеризуются Начикинское и Паратунское месторождения. С 2006 г. началась разработка Ягодинского месторождения цеолитовых туфов с высокими сорбционными, ионнообменными и другими физико-химическими свойствами, с разведанными запасами категорий C_1+C_2 19.7 млн. т.

Строительные камни Сахалинской области представлены изверженными, метаморфическими и осадочными горными породами, они полностью обеспечивают потребности в них строительной индустрии области. Разведано 10 месторождений строительного камня. Запасы месторождения андезитов Птичий базар в Анивском р-не вблизи порт-ковша Атласово по категории C_2 составляют около 3 млн. м^3. Ранее камень добывался и транспортировался морским путем, в настоящее время не разрабатывается, так как нуждается в дополнительном изучении. Вблизи месторождения выявлены аналогичные малоизученные штоки андезитов с размерами в поперечнике до 1 км.

Опоки и диатомиты, широко распространенные по побережью Сахалинской обл., вполне могут использоваться в цементной промышленности, производстве тонких керамических изделий и теплоизоляционных материалов. Они имеют морское вулканогенно-осадочное происхождение и характеризуются повышенным водопоглощением (до 20 %), высокой пористостью (30-37 %) и гидравлической активностью (40-296 ед.). Выделены три перспективные площади их распространения: Огоньковская, Брянская и Пожарская, протягивающиеся вдоль шоссейной дороги Анива – Пятиречье на 20 км при ширине зоны в 3 км. Она расположена в районе населенных пунктов и характеризуется удобными инженерно-геологическими условиями эксплуатации. Продуктивная толща имеет мощность до 8 м, но качество опок и диатомитов как минерального сырья изучено слабо. Опоки залегают в виде пластов и пачек, диатомиты слагают линзы и пласты.

Сахалинская обл. обладает значительными запасами глин для керамической промышленности и производства кирпича. Мицулевское месторождение кирпичных глин имеет площадь в 500 тыс. м^2. Это аллювиально-пролювиальные глины, залегающие пластообразно, мощностью 0.4-2.8 м. Глины желтовато-серого цвета, плотные, пластичные, с высоким содержанием крупнозернистых включений (до 12-15 %). Они имеют высокое содержание красящих оксидов и могут использоваться как минеральные краски. Изучались глины как керамзитовое сырье и сырье для производства грубой керамики. Запасы глин по категориям $B+C_1$ составляют 630 тыс. м^3. Месторождение находится в резерве.

На площадях с действующими горнодобывающими предприятиями для получения дополнительной прибыли можно использовать выявленные месторождения высоколиквидных строительных г.п., которые могут принести быстрый и существенный доход.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Лопатников М.И. Сырьевая база производства нерудных строительных материалов Российской Федерации // Строительные материалы. 2006. № 8. С. 42-44.

ГЕОФИЗИЧЕСКИЕ КРИТЕРИИ ВЫДЕЛЕНИЯ Au-Cu-Mo-ПОРФИРОВЫХ ШТОКВЕРКОВЫХ ЗОН НА ПРИМЕРЕ УЧАСТКА КАДИЛАМПИ, ЗАПАДНАЯ КАРЕЛИЯ

Нилов М.Ю., Кулешевич Л.В.

Институт геологии КарНЦ РАН, Петрозаводск, mnilov@rambler.ru

Месторождения / проявления Au-Cu-Mo-порфирового типа. Группа Au-содержащих Cu-Mo-порфировых и Au-полиметаллических проявлений в Карелии (AR_2), выделяемых с первыми в единой зональности, представлена 20 объектами: месторождение Лобаш-1, Пяваарской группой проявлений (Ширкоярви, Муштаоя), Костомукшских (Восточное, Кургелампи), Идельских (Кочкома), Ю.-Сегозерских (Бергаул), Центр. Хаутаваарским, Ялонваара в зеленокаменном поясе (ЗП) Ялонваара-Хатту, Соанваара и др. На финской территории в ЗП Хатту с массивом Куйттила связано одноименное месторождение в тоналитах. Содержание Au в рудпроявлениях Карелии колеблются от 0.1-0.4 до 216 г/т, ср. 1-4 г/т, Ag 10-100 г/т, ср. 3-10, Cu 0.1-1 %, ср. 0.1-0.4 % [3].

Cu-Mo-порфировые рудные объекты обычно локализуются в апикальной части многофазных интрузивов, представленных диоритами, гранодиоритами, гранит-порфирами, лейкогранитами и во вмещающих толщах. Массивы сопровождаются грейзенами, биотитизацией, пропилитизацией, гумбеитизацией или березитизацией вмещающих пород. Штокверковые, вкрапленно-прожилковые или жильные типы руд представлены молибденитом, халькопиритом, пирротином, пиритом, галенитом, сфалеритом, иногда шеелитом, разнообразными висмутотеллуридами. Количество кварцевых прожилков в штокверке обычно не превышает 20 % общего объема (площади) развития измененных пород. Au обычно тяготеет к полиметаллической части руд, иногда бывает совмещено с молибденовыми (Ялонваара) или пространственно отделено от них (Лобаш), причем полиметаллы и Au накладываются на более ранние рудные ассоциации [2].

Оконтуривание гранитных массивов в ЗП обычно проводится с помощью магниторазведки, а выделение кварцевых штокверковых зон и малосульфидного оруденения традиционным комплексом геофизическимх методов представляет сложность. Некоторый опыт в этом был приобретен авторами в совместных работах с Карельской ГЭ на участках Лобаш и Кадилампи [1, 4].

Массив Кадилампи на Северной Приграничной площади. Небольшой двухфазный гранитный массив Кадилампи расположен к СВ от одноименного озера [4, 5]. Массив имеет размер 300×700 м, прорывает вулканогенно-осадочную толщу и амфиболиты по основным вулканитам. К его центральной части приурочена Au-Cu-Mo минерализация (Кадилампи-1), выявленная при шлиховом опробовании Карельской ГЭ, под рук. С.Н. Юдина. Массив представлен гранодиоритами и порфировидными гранитами, по составу сопоставляется [4] с массивами на территории Вост. Финляндии (Куйтилла – в южной части ЗП Хатту, Валкеасуо – в северной части). Месторождения Финляндии локализованы в зонах рассланцевания внутри интрузивов и в шир-зонах в их ореоле [7]. Задачей данной опытно-методической работы было установление геофизических критериев, по которым можно выделять малосульфидные штокверковые зоны в гранитах.

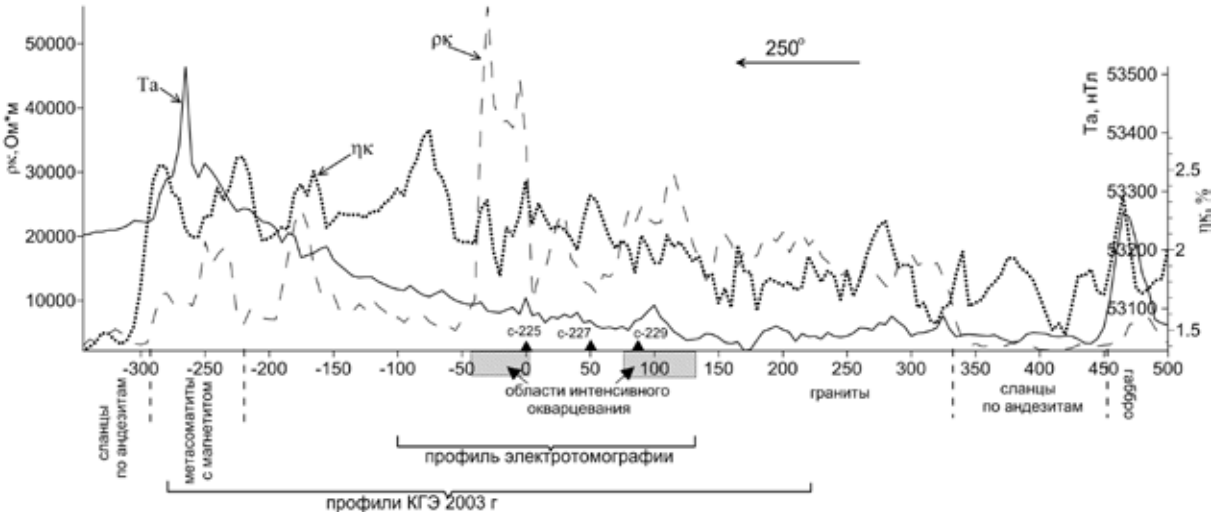


Рис. 1. Графики геофизических параметров на участке Кадилампи-1.

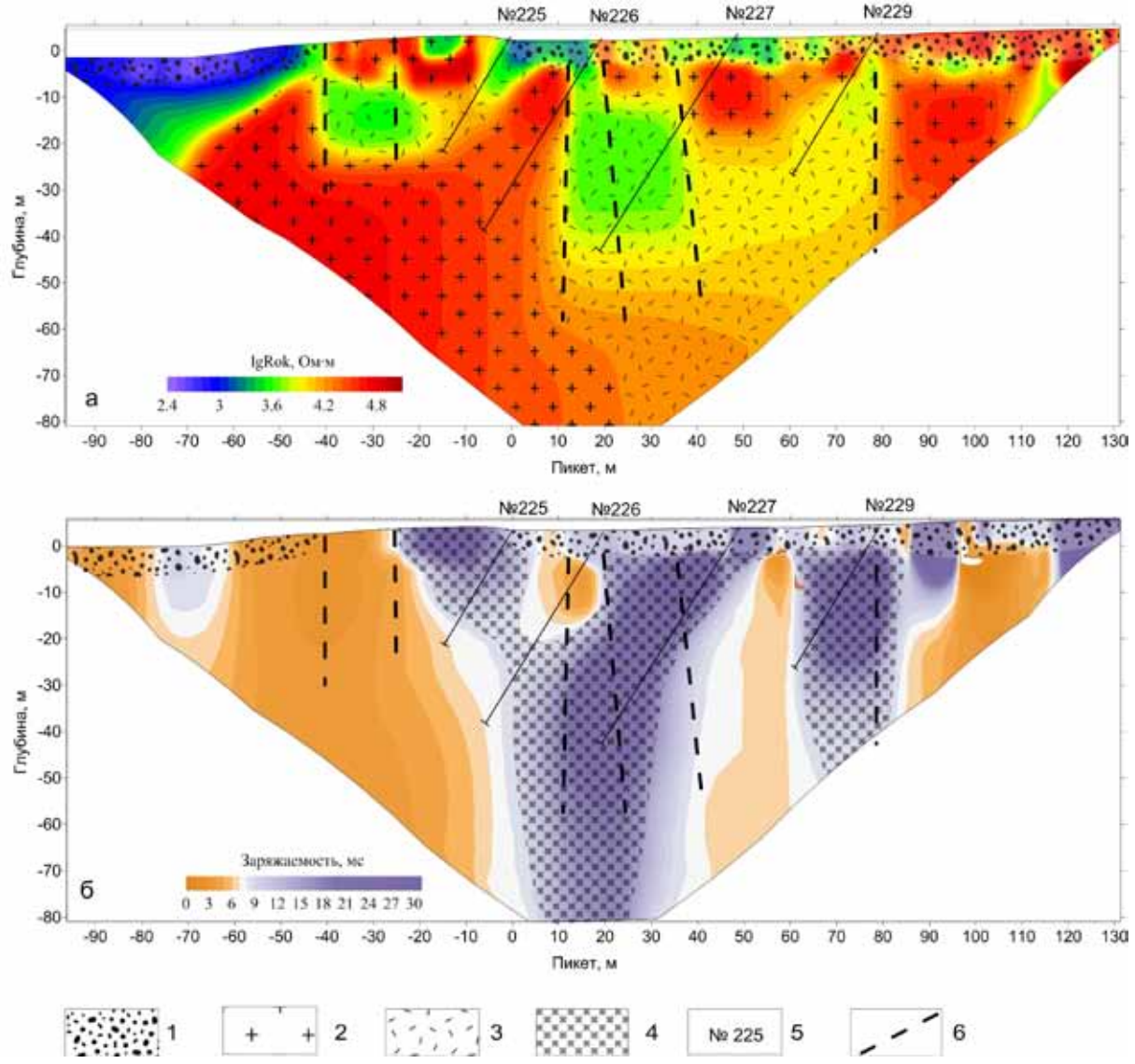


Рис. 2. Геоэлектрические разрезы сопротивления (а) и заряжаемости (б) на уч. Кадилампи-1. 1 – четвертичные отложения; 2 – монолитные, окварцованные граниты; 3 – зоны катаклаза и рассланцевания, биотитизации и пиритизации; 4 – области с сульфидной минерализацией; 5 – номера скважин; 6 – тектонические нарушения.

Геофизические исследования на уч. Кадилампи-1. Геофизические работы на уч. Кадилампи-1 проводились в 2003 г. КарГЭ и КарНЦ РАН с целью картирования гранитного массива и оконтуривания в нем кварцевого штокверка с пирит-молибденитовым оруденением. Малая информативность полученных результатов поставила вопрос о поиске методического подхода к выделению слабоконтрастных зон с бедной минерализацией и разработке геофизических критериев поиска. Для этого в 2011 г. сотрудниками ИГ КарНЦ РАН проведены опытно-методические работы вдоль профиля, пересекающего центральную часть массива, разбуренную в ходе поисковых работ КарГЭВ. По всей его длине выполнена магнитометрия с шагом 2 м и электропрофилирование ВП установкой срединного градиента с шагом 5 м (рис. 1). По форме аномалий $\rho_к$ и Та осуществлена привязка к предыдущим исследованиям.

На представленных графиках прослеживается закономерность распределения пиков ВП. Как правило, они тяготеют к аномалиям $\rho_к$ либо их краевым частям. Такую корреляцию можно считать картировочным геофизическим признаком слабоминерализованных зон.

Электротомография. Для получения детальной информации о распределении окварцевания и сульфидной минерализации в массиве использована методика электротомографии сопротивления и ВП аппаратным комплексом «Скала 48», разработанным в СО РАН, с двумя 24-электродными косами и шагом между электродами 5 м. Измерения сопротивления и заряжаемости (одной из характеристик эффекта ВП) выполнены встречными 3-электродными установками A-MN и MN-B, что обеспечило наибольшую глубину исследования при необходимой детальности и точности замеров [6]. По результатам математической обработки замеров построен непрерывный геоэлектрический разрез кажущегося удельного сопротивления (рис. 2 а) и заряжаемости (рис. 2 б).

При сопоставлении полученного геоэлектрического разреза с имеющейся геологической информацией удалось оконтурить зону дислоцированных пород в центральной части гранитного массива и наиболее крупные тектонические нарушения. Повышенная степень трещиноватости в указанной области обусловила понижение кажущегося удельного сопротивления относительно более монолитных, окварцованных и менее изменённых гранитов в краевых частях разреза (рис. 2 а). Наличие сульфидной вкрапленности отмечено повышением заряжаемости до 20-30 мс (рис. 2 б). Пространственное распределение по разрезу областей с различными электрическими свойствами имеет сложный характер. Максимальный эффект ВП наблюдается в градиентных зонах кажущегося удельного сопротивления при переходе от максимальных значений к минимальным. Это приводит к выводу о нахождении наибольших концентраций сульфидов на контакте между монолитными, интенсивно окварцованными гранитами и зонами их дислокации.

Выполненные опытно-методические работы показали возможность стадийного наращивания информативности результатов геофизических исследований от профильных работ на этапе картирования перспективных зон до использования методики электротомографии при детальном исследовании разреза с целью наиболее оптимального планирования буровых работ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бородулин Ю.Д., Кулешевич Л.В. Анализ геофизических полей уч. Лобаш, Центр. Карелия // Оперативно-информ. матер. «Геология и геохимия докембрийских образований Карелии». Петрозаводск: Изд-во КарНЦ РАН, 1986. С. 42-49.
2. Лавров О.Б., Кулешевич Л.В. Минералогия золотосодержащих Cu-Mo-порфировых руд в архейских зеленокаменных поясах Карелии // Матер. Всерос. конф. «Самородное золото». Т. I. М.: Изд-во ИГЕМ РАН, 2010. С. 307.
3. Минерально-сырьевая база Республики Карелия. Петрозаводск: Изд-во «Карелия», 2005. 280 с.
4. Нилов М.Ю., Юдин С.Н., Кулешевич Л.В. Геологическое строение и гефизические исследования Северной Приграничной площади зеленокаменного пояса Ялонвара-Хатту-Тулос // Гелология и полезные ископаемые Карелии. Вып. 9. 2006. С. 100-120.
5. Юдин С.Н. Информационный отчет о результатах поисков месторождений Au и МПГ на уч. Приграничный Северный в пределах гранит-зеленокаменной области Ялонвара-Иломантси за 2004 г. Петрозаводск: ТГФ, 2004.
6. Dahlin T., Zhou B. A Numerical comparison of 2D resistivity imaging with ten electrode arrays // Geophys. Prosp. 2004. N 52. P 379-398.
7. Geological development, gold mineralization and exploration methods in the Late Archean Hattu Shist belt, Ilomantsi, eastern Finland. Eds. P. Nurmi, P. Sorjonen-Ward // Geol. Surv. Finland. Spec. Publ. 17. Espoo: GTK, 1993. 386 p.

U-Pb (SHRIMP-II) ДАТИРОВАНИЕ ЕДИНИЧНЫХ ЗЁРЕН ЦИРКОНОВ ИЗ ПЛАТИНОНОСНОГО РИФА МЕСТОРОЖДЕНИЯ ВУРЭЧУАЙВЕНЧ

Припачкин П.В.[1], Рундквист Т.В.[1], Гребнев Р.А.[1], Сергеев С.А.[2]

[1] ГИ КНЦ РАН, Апатиты; [2] ЦИИ ФГУП ВСЕГЕИ, Санкт-Петербург

paul@geoksc.apatity.ru; rund@geoksc.apatity.ru

Массив Вурэчуайвенч (МВ) расположен в центральной части Кольского п-ова в ЮВ контакте Мончегорского расслоенного комплекса (МРК) с раннепротерозойской палеорифтовой структурой Имандра-Варзуга (рис. 1). МВ представляет собой пластовое тело, погружающееся на ЮВ под углами 9-20°. Общая протяженность по простиранию более 6 км при ширине выхода до 1.5 км. Мощность МВ на ЮЗ фланге достигает 700 м, на СВ фланге уменьшаясь до 300 м. На ЮВ массив перекрыт протерозойскими вулканогенно-осадочными породами Имандра-Варзугской структурной зоны. В зоне контакта распространены конгломераты, обломочный материал которых представлен метагаббронеритами, а цемент – метавулканитами кукшинской свиты [1]. В результате контакта с водонасыщенными породами Имандра-Варзугской зоны породы МВ претерпели интенсивные метаморфические преобразования (соссюритизация, амфиболизация, хлоритизация), первичные магматические структуры сохранились лишь частично.

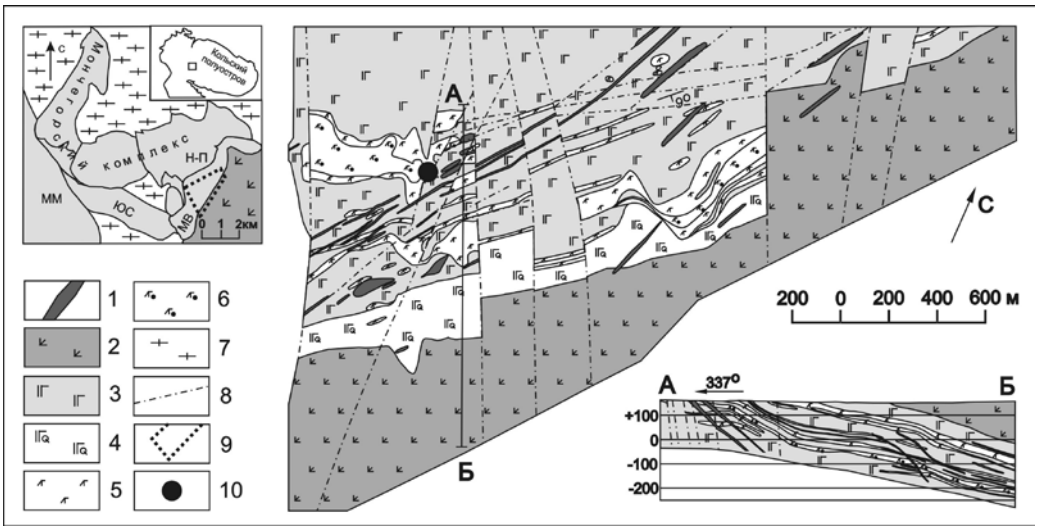


Рис. 1. Схема геологического строения центральной части массива Вурэчуайвенч и геологический разрез по линии АБ, по В.В. Иванченко, с упрощениями и дополнениями. 1 – дайки метагаббродолеритов и лампрофиров; 2 – вулканогенно-осадочные породы зоны Имандра-Варзуга; 3-6 – породы МВ: 3 – метагаббронориты; 4 – кварцевые метагаббронориты; 5 – меланократовое габбро и меланократовые габбронориты; 6 – меланократовое габбро и меланократовые габбронориты с сульфидным и платинометальным оруденением; 7 – архейские гнейсы (на врезке); 8 – разрывные нарушения, 9 – граница участка (на врезке); 10 – место отбора проб В-1-09 и В-2-09.

На СЗ массив граничит с массивом Нюд-Поаз (субширотная ветвь МРК), который сложен преимущественно норитами. В центральной части и на СВ фланге МВ залегает на архейских диорито-гнейсах [2], пересекается многочисленными разрывными нарушениями и протяженными телами даек метагаббродолеритов и лампрофиров.

В нижней части разреза МВ сложен мезократовыми габброноритами; в верхней наблюдается переслаивание мезократовых габброноритов с лейкократовыми кварцевыми габброноритами, лейкогаббро, норитами и анортозитами.

В средней части разреза МВ выявлен протяженный риф с вкрапленным сульфидным Cu-Ni и PGE оруденением [2-4]. Последнее связано с анортозитами «рифа V-I» и Рудным телом 1. При содержаниях Ni и Cu 0.1-0.3 % содержания PGE и Au в рудах МВ варьирует от первых до первых десятков г/т с преобладанием Pd над Pt и в среднем составляет > 3 г/т [4]. Происхождение МВ и его генетическая связь с МРК до недавнего времени были предметом дискуссии [5]. Но геохронологические исследования последних лет окончательно внесли ясность в этот вопрос, подтвердив раннепротерозойский возраст пород массива. Так, возраст габбро-анортозитов МВ, определенный U-Pb методом, составляет 2497 ± 21 млн. лет, что близко

к возрасту норитов массива Нюд-Поаз 2493 ± 7 млн. лет и 2504 ± 1.5 млн. лет [6-8]. Тем не менее, в связи с платиноностностью открытым оставался вопрос происхождения расслоенного горизонта МВ, с которым ассоциируют основные уровни сульфидной и ЭПГ-минерализации. В частности, связано ли образование анортозитов МВ и рудной минерализации с отдельной магматической фазой?

Для проведения геохронологических исследований из МВ отобраны пробы В-1 и В-2 весом > 15 кг каждая. Пробы взяты из метаанортозитов (В-1) и метагаббронноритов (В-2) в крайней восточной части Рудного тела 1 (Зап. блок). В-1 представлена мелкозернистым метаанортозитом неяснопятнистой текстуры светло-серого с зеленоватым оттенком цвета. В шлифе порода амфибол-плагиоклаз-клиноцоизитовая, микронематогранобластовой структуры (магматическая структура не сохранилась). Состав: клиноцоизит – 72 %, плагиоклаз (андезин) – 20, амфибол – 5, кварц – 3, лейкоксен – единичные зерна. В-2 отобрана из мелко-среднезернистых метагаббронноритов массивной текстуры серого цвета. В шлифе порода обнаруживает мелкозернистое сложение, реликтовую гипидиоморфнозернистую структуру, элементы трахитоидной текстуры. Порода состоит из частично соссюритизированного плагиоклаза (60 %) и амфиболов (40 %). Плагиоклаз формирует лейстовидные кристаллы до 2 мм. Амфиболы (актинолит, куммингтонит) развиваются по орто- и клинопироксенам. Среди последних, по-видимому, преобладал ортопироксен. Он образовывал короткопризматичекие кристаллы до 4 мм и отдельные пойкилитовые кристаллы, в настоящее время полностью замещенные амфиболами.

Из проб выделены зерна цирконов. U-Pb датирование цирконов осуществлялось на вторичноионном микрозонде SIMS SHRIMP-II в Центре изотопных исследований ФГУП «ВСЕГЕИ». Для измерений выбирались наиболее чистые зерна, без включений, механических повреждений, явных вторичных изменений, фаз обрастания или растворения. Цирконы из В-1 имеют светло-розовый цвет и образуют вытянутые, практически нетрещиноватые, зональные кристаллы. Размеры по длинной оси 200-300 мкм и более. Цирконы из В-2 представлены в основном обломками кристаллов светло-розового цвета, нетрещиноватыми, зональными. Размеры по длинной оси 100 мкм и менее, редко до 200 мкм.

Зерна цирконов документировались при помощи СЭМ CamScan MX2500 с системой CLI/QUA2 для получения катодолюминесцентных (CL) и BSE изображений, отражающих внутреннюю структуру и зональность цирконов. Измерения U-Pb отношений проводились по принятой в ЦИИ методике [9]. По 17 кристаллам из двух проб проведено 20 локальных изотопных анализов (рис. 2; табл.). Все продатированные цирконы однородны, характеризуются отсутствием существенного воздействия вторичных процессов на U-Pb изотопную систему, подавляюще большинство значений возраста субконкордантны (не совпадают по независимым изотопным системам ^{206}Pb-^{238}U и ^{207}Pb-^{235}U всего на 5-7 %).

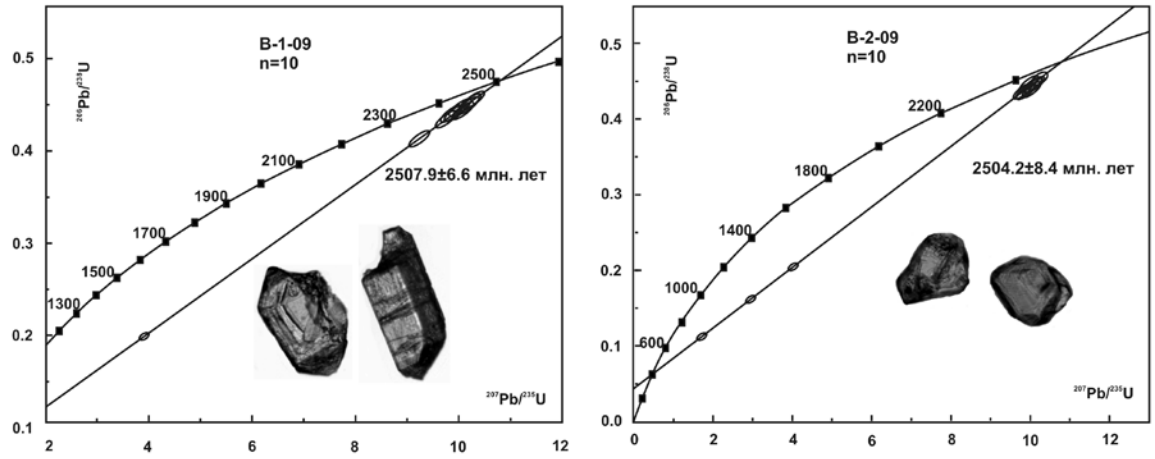


Рис. 2. U-Pb диаграммы с конкордиями для цирконов из анортозита (В-1) и габбронорита (В-2) массива Вурэчуайвенч. Эллипсы фигуративных точек соответствует погрешности 2σ.

Пробы В-1 и В-2 практически неразличимы по возрасту кристаллизации – 2508 ± 7 и 2504 ± 8 млн. лет. Совместно рассчитанный (по совокупности всех результатов) возраст равен 2507 ± 5 млн. лет и отвечает образованию МВ. Нижнее пересечение линии дискордии в данном случае не имеет принципиального значения, т.к. для измерений выбирались наименее измененные зерна. В целом можно констатировать отсутствие следов протерозойских метаморфических событий, за исключением незначительного воздей-

Таблица. Результаты U-Pb исследования цирконов из анортозитов (В-1-09) и габброноритов (В-2-09) месторождения Вурэчуайвенч.

n	Точка	% $^{206}Pb_c$	ppm U	ppm Th	$^{232}Th/^{238}U$	ppm $^{206}Pb^*$	(1) $^{206}Pb/^{238}U$ возраст млн. лет		(1) $^{207}Pb/^{206}Pb$ возраст млн. лет		% Dis-cor-dant	Изотопные отношения		Изотопные от-ношения		Изотопные отношения		Изотопные отношения		Rho
												(1) $^{238}U/^{206}Pb$	±%	(1) $^{207}Pb^*/^{206}Pb^*$	±%	(1) $^{207}Pb^*/^{235}U$	±%	(1) $^{206}Pb^*/^{238}U$	±%	err corr
1	B-1-09.1.1	0.02	1611	2440	1.56	610	2353	±17	2489	8.3	6	2.27	0.85	0.1632	0.5	9.911	0.98	0.4405	0.85	.864
2	B-1-09.1.2	0.12	3062	4664	1.57	524	1170	±9.1	2262	11	**93**	5.025	0.85	0.14283	0.61	3.918	1.00	0.1989	0.85	.813
3	B-1-09.2.1	0.02	1215	1532	1.30	470	2396	±18	2505	9.1	5	2.221	0.88	0.16476	0.54	10.230	1.00	0.4503	0.88	.852
4	B-1-09.2.2	0.04	827	806	1.01	313	2353	±16	2507	9.9	7	2.27	0.82	0.16494	0.59	10.020	1.00	0.4405	0.82	.813
5	B-1-09.3.1	0.13	1391	1931	1.44	494	2228	±15	2478	8.3	11	2.421	0.79	0.16213	0.49	9.228	0.93	0.4128	0.79	.850
6	B-1-09.4.1	0.02	1277	2060	1.67	485	2359	±16	2495	7.8	6	2.263	0.79	0.16373	0.47	9.975	0.92	0.4419	0.79	.861
7	B-1-09.5.1	0.03	1336	1521	1.18	522	2414	±18	2496	9.2	3	2.202	0.88	0.1639	0.55	10.260	1.00	0.4542	0.88	.851
8	B-1-09.6.1	0.04	1176	1487	1.31	441	2333	±18	2492	9.7	7	2.293	0.90	0.16347	0.58	9.830	1.10	0.4360	0.90	.841
9	B-1-09.7.1	0.03	1990	2426	1.26	775	2408	±17	2497	8.2	4	2.208	0.86	0.16398	0.49	10.240	0.99	0.4529	0.86	.872
10	B-1-09.8.1	0.00	2116	3242	1.58	816	2390	±17	2502	7.8	5	2.228	0.86	0.16443	0.46	10.174	0.98	0.4487	0.86	.880
11	B-2-09.1.1	0.15	665	1636	2.54	253	2357	±19	2483	13	5	2.264	0.98	0.1626	0.76	9.900	1.20	0.4415	0.98	.790
12	B-2-09.2.1	0.22	1152	2211	1.98	436	2349	±18	2493	11	6	2.273	0.92	0.1636	0.65	9.920	1.10	0.4396	0.92	.816
13	B-2-09.3.1	0.12	1745	4980	2.95	665	2363	±18	2507	8.9	6	2.258	0.88	0.16493	0.53	10.070	1.00	0.4428	0.88	.857
14	B-2-09.4.1	0.14	2100	5662	2.79	370	1202	±10	2249	13	**87**	4.879	0.92	0.1418	0.78	4.005	1.20	0.2049	0.92	.761
15	B-2-09.5.1	0.18	1123	3413	3.14	426	2353	±18	2491	12	6	2.268	0.94	0.1634	0.73	9.930	1.20	0.4406	0.94	.791
16	B-2-09.6.1	0.25	642	1573	2.53	249	2394	±20	2488	14	4	2.222	1.00	0.1631	0.83	10.110	1.30	0.4496	1.00	.769
17	B-2-09.7.1	1.38	2709	6987	2.67	379	956	±8.2	2164	21	**126**	6.23	0.92	0.135	1.2	2.976	1.50	0.1599	0.92	.609
18	B-2-09.8.1	0.43	2170	5221	2.49	211	688	±6.2	1801	24	**162**	8.872	0.95	0.1101	1.3	1.709	1.60	0.1126	0.95	.591
19	B-2-09.9.1	0.09	1173	8118	7.15	446	2358	±18	2499	10	6	2.264	0.92	0.16412	0.6	9.990	1.10	0.4416	0.92	.837
20	B-2-09.9.2	0.01	3449	4229	1.27	1300	2344	±17	2479	7.3	6	2.281	0.85	0.16222	0.43	9.808	0.96	0.4385	0.85	.893

Примечание: погрешность 1-sigma; Pbc и Pb* – общий и радиогенный свинец; погрешность калибровки стандарта 0.36 %; (1) - коррекция по ^{204}Pb; Rho – коэффициент корреляции.

ствия молодого (девонского, связанного с образованием Хибинского массива) процесса. Для подтверждения этого необходимы отбор и датирование наиболее измененных кайм кристаллов циркона. Древних унаследованных ядер в изученных зернах не обнаружено.

Таким образом, результаты геохронологических исследований согласуются с результатами геологических наблюдений, согласно которым породы МВ наращивают общий разрез МРК и не оторваны от времени основного этапа его становления. Подтверждается возраст формирования МВ, установленный более ранними (2497 ± 21 и 2504 ± 1.5 млн. лет) и новыми исследованиями для проб В-1 и В-2 (2507 ± 5 млн. лет). Важным наблюдением является сходство возрастных характеристик анортозитов и габброноритов из рудного рифа. Эти данные говорят о том, что анортозиты не являются самостоятельной фазой, а формировались совместно с габброноритами в ходе внутрикамерной дифференциации и кристаллизации расплава. Можно предполагать, что и образование платиноносного рифа не связано с дополнительными магматическими инъекциями.

Исследования выполнены при финансовой поддержке гранта РФФИ № 11-05-00061а.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Имандра-Варзугская зона карелид (геология, геохимия, история развития) / Ред. Г.И. Горбунов. Л.: Наука, 1982. 279 с.
2. Иванченко В.Н., Давыдов П.С., Дедеев В.А. и др. Международное сотрудничество и обмен опытом в геологическом изучении и разведке платинометалльных месторождений северной части Фенноскандинавии. Промежуточные результаты международного 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.
3. Припачкин П.В., Рундквист Т.В. Геологическое строение и платиноносность ЮЗ части массива предгорий Вурэчуайвенч (Мончегорский комплекс, Кольский п-ов) // Руды и металлы. 2008. № 5. С. 61-68.
4. Иванченко В.Н., Давыдов П.С. Основные черты геологического строения месторождений проявлений МПГ южной части Мончегорского рудного района // Проект Интеррег-Тасис: Стратегические минеральные ресурсы Лапландии – основа устойчивого развития Севера. Сб. материалов проекта. Вып. 2. Апатиты: Изд-во КНЦ РАН, 2009. С.70-78.
5. Козлов Е.К. Естественные ряды пород никеленосных интрузий и их металлогения. Л.: Наука, 1973. 288 с.
6. Amelin Yu.V., Heaman L.M., Semenov V.S. U-Pb geochronology of layered mafic intrusions in the eastern Baltic Shield implication for the timing and duration of Paleoproterozoic continental rifting // Precambrian Res. 1995. V 75. P 31-46.
7. Расслоенные интрузии Мончегорского рудного района: петрология, оруденение, изотопия, глубинное строение. Ч. 1. / Ред. Ф.П. Митрофанов, В.Ф. Смолькин. Апатиты: Изд-во КНЦ РАН, 2004. 177 с.
8. 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 // Geol.l Soc. London. Spec. Publ. 2009. V 323. P 165-198.
9. Williams I.S. U-Th-Pb Geochronology by ion microprobe // Eds. McKibben M.A., Shanks W.C., Ridley W.I. Applications of microanalytical techniques to understanding mineralizing processes. Rev. Econ. Geol. 1998. N 7. P 1-35.

МАНТИЙНО-ПЛЮМОВЫЕ ОБСТАНОВКИ ФОРМИРОВАНИЯ ПОЗДНЕАРХЕЙСКИХ ЗЕЛЕНОКАМЕННЫХ ПОЯСОВ ВОСТОЧНО-ЕВРОПЕЙСКОГО КРАТОНА НА ПРИМЕРЕ БАЛТИЙСКОГО ЩИТА И КУРСКОЙ ГРАНИТ-ЗЕЛЕНОКАМЕННОЙ ОБЛАСТИ

Рыборак М.В., Альбеков А.Ю.

Воронежский госуниверситет, Воронеж, maximm.r@gmail.com

Позднеархейские зеленокаменные пояса (ЗКП) известны в пределах Свекофеннского и Сарматского сегментов Восточно-Европейского кратона на Балтийском щите и в Курской (КМА) гранит-зеленокаменной области (КГЗО) Воронежского кристаллического массива. Непременная составляющая нижних частей этих структур – метаморфизованные коматиит-толеитовые вулкано-плутонические ассоциации плюмовой природы, формирование которых связывается с высокими температурами плавления мантийного источника на значительных глубинах [8, 9].

На Балтийском щите выделяются коматиит-базальтовые ассоциации двух возрастных групп: 3.02-2.92 и 2.88-2.81 млрд. лет, сформировавшиеся в результате раннего «Водлозерского» и позднего «Северного» плюмов [1]. Плюмовая модель плавления океанической коры (OIB) при формировании Костомукшского (2843±39 – 2813±78 млн. лет) и Сумозеро-Кенозеро (2916±117 – 2892±130 млн. лет) зеленокаменных поясов предложена в [10, 11].

В пределах КГЗО известны Льговско-Ракитнянский (Белгородско-Михайловский) и Алексеевско-Воронецкий позднеархейские зеленокаменные пояса [3, 4, 6]. Возраст формирования толеитовой андезит-дацит-риолитовой ассоциации верхней толщи 2590±88 [2] (TIMS U-Pb, изохрона по цирконам) и Sm-Nd (эрохрона по породам; неопубликованные авторские данные) возраст порядка 2500 млн. лет, установленный для коматиит-базальтовой ассоциации нижней толщи, определяют интервал формирования наиболее сохранившегося в КГЗО Льговско-Ракитнянского зеленокаменного пояса.

Согласно [1], коматииты всех зеленокаменных поясов поздней возрастной группы (2.88-2.81 млрд. лет) Балтийского щита не деплетированы глинозёмом: $CaO/Al_2O_3 = 0.6\text{-}0.8$, $Al_2O_3/TiO_2 = 13\text{-}20$. У коматиитов из поясов Кольской провинции (Полмос-Поросозерского, Урагубского) хондритовое («плоское») распределение РЗЭ $(Ce/Yb)_N = 0.8\text{-}1.2$, коматииты поясов Беломорья, Западно- и Центрально-Карельского доменов Карельской провинции, (Хизоваарского и Костомукшского поясов) обеднены LREE $(Ce/Sm)_N = 0.61\text{-}0.70$. Концентрации REE коматиитов Кольской провинции низкие 0.2-1.2*PM, в остальных поясах 1.5-2.0*PM. Базальты характеризуются высокой магнезиальностью (#Mg = 0,61-0,5), Ni = 100-200 ppm, являются умеренноглиноземистые и низкотитанистыми. У базальтов Кольской и Беломорской провинций плоское распределение REE $(La/Yb)_N = 0.9$, $(Gd/Yb)_N = 1.0$, концентрации 3-5*PM; базальты Хизоваарского и Костомукшского поясов обеднены LREE $(La/Sm)_N = 0.65\text{-}0.80$, $(Gd/Yb)_N$-1.0-1.1, концентрации REE 4-5*PM. Рассчитанные PT параметры коматиитов поясов Кольской провинции варьировали: в Урагубском поясе $T_{лик} = 1520^oC$, $T_{ист} = 1750\ ^oC$ в Полмос-Поросозерском поясе $T_{лик} = 1620\text{-}1650\ ^oC$, $T_{ист.} = 1850\ ^oC$ P в источнике 7-9 ГПа. PT коматиитов Хизоваарского и Костомукшского поясов Карельской провинции составляли $T_{лик}$ 1550-1620 ^oC, $T_{ист} = 1850\ ^oC$ и P = 5.5-6.0 ГПа. $T_{лик}$ базальтов оценены в 1250^oC, $P_{ист} = 1300^oC$, $P_{ист}$ для всех поясов составляло 2.0-2.5 Гпа. Значение εNd (2870) для коматиитов и базальтов Кольского провинции +2.5, для изохрон коматиитов и базальтов Костомукшского пояса Карельской провинции +2.8 - +2.9, то есть их источник был изотопно деплетированный и гетерогенный. Формирование коматиит-базальтовых ассоциаций мантийно-плюмовой природы зеленокаменных поясов Балтийского щита возрастного интервала 2.88-2.91 млрд. лет связано с «Северным плюмом» [1], площадью около 3600 км^2. Формирование исходных расплавов предполагается на глубинах 200-270 км.

Коматииты нижней толщи Сумозеро-Кенозерского зеленокаменного пояса ЮВ Карельской провинции (2916±117 – 2892±130 млн. лет) сформированы из расплавов, содержащих около 30 % MgO, излившихся при температуре порядка 1570 ^{o}C [11]. Предполагается, что появление коматиитовых расплавов происходило на глубинах 300-400 км в мантийном плюме при температурах на ~250 ^{o}C выше мантийных. Мафит-ультрамафитовые вулканиты нижней толщи Сумозеро-Кенозерского зеленокаменного пояса характеризуются относительно высокими показателями εNd (T) = +2.7 ± 0.3. Они деплетированы несовместимыми элементами и показывают ниобиевый максимум (Nb/Nb* = 1.2±0.2, Nb/U = 43±6 [11]. Эти параметры присущи значительному количеству раннедокембрийских неконтаминированных зеленокаменных поясов, а также современным Тихоокеанским плато-базальтам и представляются как характерные геохимические черты магматических источников мантийно-плюмового генезиса. Метабазит-ультрабазиты Сумозерско-Кенозерской структуры рассматриваются в качестве фрагментов утолщенной в результате функционирования плюма несубдукционной океанической коры [11].

Для коматиит-базальтов Костомукшского ЗКП Центрально-Карельского домена Карельской провинции установлены Sm-Nd и Pb-Pb изохронные возраста 2843 ± 39 и 2813 ± 78 млн. лет [10]. Подобно Сумозерско-Кенозерскому ЗКП, геохимические характеристики метабазит-ультрабазитов Костомукши схожи с тихоокеанскими плато-базальтами, значениям $(Nb/Th)_{NPM} = 1.5\text{-}2.1$ и $(Nb/La)_{NPM} = 1.0\text{-}1.5$ резко контрастируют с островодужными и большинством континентальных расплавов, характеризующимися $Nb/(Th,La)N \ll 1$. Также схожи Sm-Nd данные, εNd(2800) составляет +2.8 - +3.4. Высокие температуры ликвидуса коматиитов (1550 ^{o}C) и деплетированность глиноземом свидетельствуют о необычно высокотемпературном (1700 ^{o}C), перегретом на 200 ^{o}C мантийном источнике в 2.8 млдр. лет., соответствующем мантийному плюму, равновесному с гранатовым реститом. Термический потенциал плюма соответствует формированию океанической коры со средней мощностью 30 км, подстилаемой тугоплавким мантийным килем. Nb/U отношения в коматиитах и базальтах Костомукшского ЗКП подобны наблюдаемым в совре-

менных MORB и OIB обстановках. Они интерпретируются как реликты верхней части позднеархейского океанического плато [10].

Курский блок Воронежского кристаллического массива, составляющий, согласно современным представлениям, восточную часть Сарматского сегмента Восточно-Европейского кратона, является типичной архейской гранит-зеленокаменной областью, где супракрустальные толщи преимущественно основных вулканитов, слагающих зеленокаменные пояса, окружены полями гранитоидных пород. Нами исследованы геохимические характеристики метаморфизованных коматиитов, базальтовых коматиитов, высокомагнезиальных базальтов и высокожелезистых толеитов нижней толщи Льговско-Ракитнянского зеленокаменного пояса. Изотопно-геохронологические Sm-Nd данные получены для коматиитов и высокомагнезиальных базальтов центральной части пояса. Породы представлены серпентинитами, тремолитовыми и роговообманковыми амфиболитами, габброамфиболитами, преслаивающимися с тремолит-серпентиновыми и актинолит-тремолитовыми сланцами. Коматииты центральной части Льговско-Ракитнянского ЗКП относятся к деплетированному глиноземом типу: Al_2O_3 = 1.00-4.57 мас. %, CaO/Al_2O_3 = 1.76, Al_2O_3/TiO_2 = 14.30, $(Gd/Yb)_{NPM}$ = 1.49. Содержание MgO в них больше 18.0 мас. % (29.13-39.89 мас. %), содержание TiO_2 < 1,0 мас. % (0.04-0.33 мас. %). Магнезиальность варьирует в пределах 0.8-0.9. В сравнении с составом примитивной мантии (PM) [12] породы обеднены Zr по отношению к Ti (Ti/Zr = 332), Y (Zr/Y = 2.0) и Nb (Zr/Nb = 5.1), а также обеднены Y относительно Ti (Ti/Y = 333). Средние содержания Ni и Cr составляют 1883 и 2024 ppm, V и Co – 76.6 и 73.1 ppm. Коматиитовые базальты северной части Льговско-Ракитнянского ЗКП содержат MgO от 12.43 до 18.23 %, величина магнезиальности составляет 0.7. По характеру распределения TR выделяются обеденные LREE $(La/Sm)_n$ = 0.3-0.5, $(La/Yb)_n$ = 0.4, и нефракционированные разновидности с плоским спектром распределения REE $(La/Sm)_n$ = 0.7-0.9, $(La/Yb)_n$ = 1.2-1.7. Относительный дефицит Eu достигает 0.8. Породы характеризуются нормативным кварцем 10-14 %. Высокомагнезиальные базальты центральной части Льговско-Ракитнянского ЗКП содержат MgO от 8.52 до 8.81 мас. %, #Mg = 0.5. В сравнении с составом примитивной мантии породы обогащены Zr относительно Ti, и обеднены Zr относительно Y, Zr/Nb и Ti/Y отношения близки к таковым для PM. По распределению РЗЭ описываемые породы характеризуются 10-кратным превышением хондритового уровня и незначительным обогащением тяжелыми РЗЭ относительно легких $(La/Yb)_N$ = 0.42-1.14, $(La/Sm)_N$ = 0.48-1.07, $(Sm/Yb)_N$ = 0.88-1.07, $(Gd/Yb)_N$ = 1.09-1.14, при отсутствии Eu аномалий. На мультиэлементной диаграмме характерными чертами являются обогащенность крупноионными литофилами Rb, Ba, U, Th, положительная Sr и отрицательная Zr аномалии. Высокожелезистые толеиты, составляющие около 80 % вскрытого скважинами разреза нижней зеленокаменной толщи, соответствуют архейским толеитам TH-1 по классификации К. Конди с нефракционированным спектром $(La/Yb)_N$ = 1.2-1.4, $(La/Sm)_N$ = 1.1-1.3, $(Sm/Yb)_N$ = 1.1, $(Gd/Yb)_N$ = 1.1-1.2, Eu/Eu* = 0.9. По нормативному минеральному составу эти породы располагаются на границе оливин- и кварцнормативных разновидностей, содержания нормативного кварца редко превышают 7 %, нормативный оливин до 38 %.

Исследования Sm-Nd изотопной системы показывают, что метакоматииты центральной части Льговско-Ракитнянского пояса характеризуются значениями ε Nd(2.5) = +1.4 - +4.3, отвечающими деплетированной мантии. Высокомагнезиальные базальты характеризуются пониженными значениями ε Nd(2.5) = -0.7 - +1.5, указывающими на обогащённый источник этих пород. Наиболее вероятный возраст ассоциации, по имеющимся TIMS U-Pb (изохроны по цирконам [2]) и Sm-Nd (эрохрона по породам; авторские данные) определениям, 2.6-2.5 млрд. лет. Согласно модели эволюции КГЗО [7], позднеархейская магматическая активность связана с заложением рифтогенных структур на раннеархейской континентальной коре. Оценены параметры мантийной магматической системы: температура ликвидуса (T_{liq}) 1582-1624 C°, потенциальная температура мантийного источника (T_{pot}) = 1812-1862 C°. Давление P_{CaO} = 9.4-9.7 ГПа, P_{Al2O3} = 11.7-11.8 ГПа. Суммарная мощность коры, рассчитанная с использованием показателя потенциальной температуры, 60-70 км. Обедненность коматиитов глиноземом и давление свидетельствуют о глубине отделения расплава от гранатового рестита на глубинах 250-300 км. Совокупность геохимических данных и изотопная деплетированность мантийного источника позволяют предположить, что мантийный диапир сформировался в результате декомпрессионного плавления истощенного мантийного вещества. Внутриконтинентальные рифтогеннные условия растяжения обусловили вовлечение в магмогенерацию существенных объемов нижней мафической раннеархейской коры, что привело к формированию контаминированных высокомагнезиальных базальтов. В классификации позднеархейские коматииты Курской ГЗО соответствуют мантийным дериватам значительно разогретых областей, расположенных в зоне, близкой к экваториальной [5].

Таким образом, мантийно-плюмовая магматическая активность в Вост.-Европейском кратоне реализовывалась во внутриокеанических (OIB) условиях (2.88-2.88 млрд. лет) в Фенноскандии и в обстановках внутриконтинентального рифтогенеза (2.6-2.5 млрд. лет) в Курской гранит-зеленокаменной области. Коматиит-базальтовые ассоциации внутриплитных океанических мантийно-плюмовых обстановок Балтийского щита характеризуются обогащенными геохимическими и изотопными плюмовыми характеристиками. Источником высокомагнезиальных расплавов внутриконтинентальных зеленокаменных поясов Курской ГЗО было деплетированное мантийное вещество.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Арестова Н.А., Вревский А.Б., Артёменко Г.В. и др. Мантийные источники и условия формирования расплавов архейских коматиитов и базальтов в различных блоках Балтийского и Украинского щитов // Тез. докл. Межд. научно-практич. конф. «Стратиграфия, геохронология и корреляция нижнедокембрийских породных комплексов фундамента Восточно-Европейской платформы». Киев: УкрГГРИ, 2010. С. 22-26.
2. Артеменко Г.В. Геохронология Среднеприднепровской, Приазовской и Курской гранит-зеленокаменных областей // Автореф. дисс. д.г.-м.н. Киев: Ин-т геохимии, минералогии и рудообразования НАН Украины, 1998. 31 с.
3. Чернышов Н.М., Бочаров В.Л., Фролов С.М. Гипербазиты КМА. Воронеж: Изд-во ВГУ, 1981. 252 с.
4. Крестин Е.М., Бердников М.Д. К стратиграфии нижнего протерозоя Курско-Воронежского кристаллического массива // Изв. АН СССР. Сер. геол. 1977. № 7. С. 91-99.
5. Сорохтин Н.О., Козлов Н.Е., Мартынов Е.В. Позднеархейские коматииты и глобальные особенности их рудоносности // Докл. АН. 2009. Т. 425. № 2. С. 237-239.
6. Бочаров В.Л., Фролов С.М., Плаксенко А.Н. и др.Ультрамафит-мафитовый магматизм гранит-зеленокаменной области КМА. Воронеж: Изд-во ВГУ, 1993. 171 с.
7. Чернышов Н.М., Ненахов В.М., Лебедев И.П. и др. Модель геодинамического развития Воронежского кристаллического массива // Геотектоника. 1997. № 3. С. 21-30.
8. Abbot D.H. Plumes and hotspots as sources of greenstone belts // Lithos. 1996. V 37. P 113-127.
9. Herzberg C. Generation of pume magmas through time – an experimental perspective // Chem. Geol. 1995. V 126. P 1-16.
10. Puchtel I.S., Hofmann A.W., Mezger K. et al. Oceanic plateau model for continental crustal growth in the Archaean: a case study from the Kostomuksha greenstone belt, NW Baltic Shield // Earth Planet. Sci. Letters. 1998. V 155. P 57-74.
11. Puchtel I.S., Hofmann A.W., Amelin Yu.V. et al. Combined mantle plume-island arc model for the formation of the 2.9 Ga Sumozero-Kenozero greenstone belt, SE Baltic Shield: isotope and trace element constraints // Geochim. Cosmochim. Acta. 1999. V 63. N 21. P 3579-3595.
12. Sun S.S., McDonough W.F. Chemical and isotopic systematics of oceanic basalts: implications for mantle composition and processes // Eds. Saunders A.D., Norry M.J. Magmatism in ocean basins. Geol. Soc. London. Spec. Publ. 1989. P 313-345.

СТРАТЕГИЧЕСКИЕ ПОЛЕЗНЫЕ ИСКОПАЕМЫЕ ВОСТОЧНО-РОССИЙСКОГО РЕГИОНА

Секисов Г.В., Нигай Е.В.

Институт горного дела ДВО РАН, Хабаровск, nigay@igd.khv.ru

К стратегическим относят полезные ископаемые (п.и.), добыча и производство которых имеют и будут иметь важнейшее значение в ближайшем и отдаленном будущем (табл.). Это топливно-энергетические п.и., п.и. для черной и цветной металлургии, п.и. для золотовалютных банковских операций и тезаврационного фонда, металлы и неметаллы будущего. К стратегическим мы относим и крупные запасы чистых подземных вод. Неметаллические, а также строительные виды сырья будут иметь огромное значение. Особенно это касается все более востребованных пьезокварца, графита, барита, цеолитов, бентонитов, перлитов, строительного камня, стекольного и цементного сырья.

Наращивание запасов и разработка стратегических п.и. имеют колоссальное, в будущем – еще более важное значение для развития и создания новых горнопромышленных и металлургических комплексов региона и связанных с ними различных отраслей, в том числе наукоемких электронной, приборостроительной, машиностроительной, атомной промышленности и др.

Таблица. Основные стратегические полезные ископаемые ДВР [1, 3, 5] *

Основные виды	Категории	**% от РФ**
А. Топливно-энергетические		
1.Нефть и нефтяной конденсат (Республика Саха, Сахалинская обл.)	$A+B+C_1+C_2$	1.5
2.Природный газ (РСЯ, Сахалинская обл.)	$A+B+C_1$	4.4
3.Уголь, каменный и бурый (все субъекты РФ)	$A+B+C_1+C_2$	10.2
4.Уран (РСЯ, Хабаровский и Приморский края)	$A+B+C_1+C_2$	61.0
Б. Металлические		
1. Черные металлы		
1). Железные руды (РСЯ, ЕАО, Амурская обл.)	$A+B+C_1+C_2$	
2). Марганцевые руды (ЕАО, Хабаровский край)	$A+B+C_1+C_2+P_1+P_2$	
3). Диоксид титана (Амурская обл., Хабаровский, Камчатский и Приморский края)	P_1+P_2	
2. Благородные металлы		
1). Золото (все субъекты ДВР)	$B+C_1+C_2$	33.0
2). Серебро (Магаданская и Амурская обл., РСЯ, Камчатский, Хабаровский и Приморский края)	$B+C_1+C_2$	37.3
3). Платина и МПГ (Хабаровский и Камчатский края)	$C_1+C_2+P_1+P_2$	0.3+2.0 +5.0
3. Цветные, редкие, редкоземельные металлы		
1). Олово (Хабаровский и Приморский края, РСЯ, Магаданская обл.)	$B+C_1+C_2$	95.3
2). Сурьма (РСЯ)	$B+C_1+C_2$	85.0
3). Ртуть (РСЯ, ЧАО, Камчатский край)	$A+B+C_1+C_2+P_1$	63.6
4). Вольфрам (Приморский и Хабаровский края, РСЯ, Амурская обл.)	$A+B+C_1+C_2$	28.1
5). Бериллий (Хабаровский край, Приморский край, ЕАО)	$A+B+C_1+P_1+P_2$	23.7+28.0
6). Ниобий (РСЯ, Приморский край)	$A+B+C_1$	2.3
7). Медь (Хабаровский и Камчатский края, Амурская обл.)	$B+C_1+C_2$	0.8+1.0
8). Свинец (Приморский край, РСЯ, Амурская, Магаданская и Сахалинская обл.)	$A+B+C_1+C_2$	14.3
9). Цинк (Приморский край, РСЯ)	$B+C_1+C_2$	3.7
10). Никель (Камчатский край)	$A+B+C_1$	1295 тыс. т
11). Кобальт (Камчатский край)	$A+B+C_1$	31.9 тыс. т
12). Редкие земли (РСЯ)	$A+B+C_1$	25.1
В. Неметаллические		
1. Драгоценные камни		
1). Алмазы (РСЯ)	$B+C_1+C_2$	79.9
2. Неметаллическое сырье		
1). Пьезокварц (РСЯ)	$A+B+C_1$	
2). Фосфатное сырье (РСЯ)	$A+B+C_1$	
3). Графит (ЕАО, Приморский край, РСЯ)	$A+B+C_1$	
4). Бор (Приморский край)	$A+B+C_1$	
5). Флюорит (Приморский край, ЕАО)	$A+B+C_1+C_2$	
6). Поваренная соль (РСЯ)	$A+B+C_1+C_2$	

* ДВР – Дальневосточный регион.

Структура извлекаемой ценности важнейших групп п.и. в России: топливно-энергетические виды составляют 71.9 %, нерудное сырье – 13.6; черные металлы – 6.6; цветные металлы – 6.1; благородные металлы и алмазы – 1.1; редкие, редкоземельные и рассеянные элементы – 0.7 [2]. Фактически наибольшие доходы в горнопромышленной отрасли страна получает от добычи и производства нефти, газа и угля, а

также отдельных видов нерудного сырья; черных, цветных и благородных металлов. Стратегические полезные ископаемые ДВР и Забайкалья – разрабатываемые и перспективные для освоения.

В ДВР структура извлекаемых запасов месторождений несколько иная. Наиболее интенсивно ведется добыча и производство драгоценных камней и металлов – алмазов, Pt, Au и Ag. Регион в последние годы дает практически 100 % добычи алмазов, 50 % Au и > 50 % Ag России. По добыче алмазов РСЯ занимает первое место в мире. С их годовым производством свыше 2.2-2.5 млрд. долл. США, важнейшее значение имеют трубки Удачная, Зарница, Юбилейная, Комсомольская, Айхальская, Сатыканская, Интернациональная, Нюрбинская, Ботуобинская. Перспективны рудные месторождения Муно-Тюнгского и Средне-Оленекского алмазоносных районов – трубки Заполярная и Чомур. РСЯ обеспечивает неограненными алмазами не только более 30 гранильных фабрик республики, но и другие российские и зарубежные гранильные предприятия. Самым крупным гранильным заводом в РФ является государственное предприятие «Кристалл-Смоленск». Имеются они в Москве, Орле, Перми, Северодвинске, Владивостоке.

Годовое производство Au в ДВР в стоимостном выражении (исходя из цены 1500 долл. / тройская унция) составило в 2009-2010 гг. 4.8-5.1 млрд. долл. Разработка рудных и россыпных месторождений ведется во всех субъектах региона. Лидер золотодобычи – Чукотский АО: первое место в регионе и второе – в России после Красноярского края. Золотодобыча (31.2 т в 2009 г. и 24.8 т в 2010 г. [4]) выросла здесь в 6-7 раз в связи с вовлечением в 2008 г. в отработку месторождения Купол. Производство Au в 2009 г. и 2010 г. из руд этого месторождения составило более 20 т, Ag – более 150 т. Из других объектов отрабатываются мелкие месторождения: Валунистое, Клин, Северо-Восток, Двойное, Сопка Рудная и др. Вновь вовлечен в отработку крупный объект Каральвеем (2008 г – 1.1 т, 2009 – 2.6 т). Перспективными для освоения в ЧАО являются: Au-Cu-порфировое месторождение Песчанка, крупное Майское с труднообогатимыми рудами, фланги Каральвеемского месторождения – Промоина и Безымянный, мелкие объекты – Клен, Сыпучее, Пелвунтыкойнен, Ср.-Ичувеемское, Надетнинское. Объект Песчанка оценивается как крупнейший объект с прогнозными ресурсами Au 1600 т, Cu 27 млн. т [4].

В Амурской области (3 место по золотодобыче в стране, 19.8-21.8 т / год) важнейшее значение имеют разрабатываемые месторождения Покровское, Пионер, Албынское, Березитовое и Маломырское. Попрежнему важное значение в золотодобыче области имеют россыпи Джалиндинского, Дамбукинского и Верхнезейского районов, дающие около 8-9 т Au в год (40 % от общей добычи). Наиболее перспективны для золотодобычи в Амурской области – Ледяное и соседнее Скалистое месторождения, а также ряд мелких – Au-Sb Ленинское, Au-кварцевое с W Унгличиканское, частично отработанные Афанасьевское, Ясненское, Ингаглинское и др.

В РСЯ (4 место по стране, 18.5-18.6 т / год) разрабатываемыми золоторудными месторождениями являются Куранахское и Нижнеякокитское рудные поля, Самолазовское, Гарбузовское, Межсопочное, Бадран, Таборное и Дуэт. С 2008 г. рудное Au стало превышать количество добытого россыпного на 1.3-1.5 т. Крупнейшим перспективным объектом ближайшего освоения является Нежданинское месторождение с предполагаемой золотодобычей до 15-20 т / год.

В Магаданской области важнейшими объектами золотодобычи являются россыпные месторождения (россыпное Au составляет более 60 %): прииски Колыма-Пологий, Берелёхский, Тенькинский, Чай-Юрьинский, Мало-Атуряхский, Конго и др. (9.9-11.2 т / год). Разрабатываемые рудные месторождения дали в 2009-2010 гг. 3.7-4.2 т (менее 40 % общей добычи). Это Ветренское, Нявленга, Дукатское (Ag-Au), Сопка Кварцевая, Биркачан и др. месторождения. Перспективные объекты рудной золотодобычи: Среднеканская Дайка, Школьное, Кубакинское (вторично будет разрабатываться с 2012 г.), крупнейшее по мировым стандартам Наталкинское (вторичная разработка начнется в 2013-2014 г.г., к 2016 г. проектом предусмотрено производство свыше 25 т золота в год) и ряд мелких, требующих доразведки: Малыш, Находка, Гольцовое, Утинское и др. Магаданская обл. через 4 года вновь может стать лидером по золотодобыче.

В Хабаровском крае (7 место, 14.6-15.2 т / год) разрабатываются Многовершинное, Хаканджинское, Албазинское, Белая Гора, Юрьевское и некоторые другие более мелкие месторождения. Перспективны для освоения Светлое, Авлаяканское, Адуляровое, Восьмое, Мевачан, Перевальное и др.

Забайкальский край (10 место; 2.05 т коренного и 3.55 т россыпного Au в 2010 г.), до революции дававший более половины Au России, до сих пор в большей мере добывает его из россыпей. Разрабатываются техногенные Дарасунская, Казаковская, а также Ундинская и др. россыпи по Ср. Борзе и др. водотокам. В 2011 г. на Дарасунском руднике добыто и произведено на одноименной ЗИФ 22.6 кг золота. Дарасункое рудное месторождение открыто в конце прошлого века (наряду с Ара-Илинским, Любавинским, Казаков-

ским, Апрелковским, Ключевским и др. объектами). Перспективны для золотодобычи Балейское рудное поле, Тасеевское Au-Ag, Ново-Широкинское Au-полиметаллическое и др.

В Камчатском крае (12 место; 2.2 т Au в 2010 г.) основную долю Au производят из рудного месторождения Агинского (первоначальные запасы 30 т). Перспективны Асачинское, Озерное, Тутхливаям, Эруваям, Агликич, Спрут, Крерук и ряд других более мелких объектов, требующих доразведки.

Эксплуатация старейших комплексных месторождений полиметаллов Забайкалья (Нерчинская группа месторождений) и ДВР (Дальнегорское, Николаевское), а также W (Лермонтовское, Восток-2, Забытое), Sb (Сентачанское и Сарылахское Au-Sb) и новых месторождений Ni и Co (Шануччское, Кувалрогское, Дукукское) ведется интенсивно (140 тыс. т руды добыто из Шанучского объекта в 2010 г. [8]). Перспективны Ag-полиметаллические месторождения Чаятынское, Майминовское, Николаевское, Сардана; Au-Sb Кючусское, флюорит-TR Партизанское, W Тигриное, а в Забайкальском крае – Cu-Mo Удоканское (с подсчитанными запасами), Cu-Ni Чинейское (с прогнозными ресурсами) и ряд других.

Разработка угольных месторождений во всех субъектах имеет важнейшее значение для функционирования и развития ТЭК региона. Годовая добыча угля в ДВР составляет 30-32 млн. т (каменного 16-17 т; бурого – 14-15 т). При средней цене 90 долл. / т годовая добыча угля в регионе по стоимости составляет 2.7-2.9 млрд. долл. Перспективны для освоения: Эльгинское, Худурканское, Ланковское, Мелководнинское и др. Угольные месторождения РСЯ – крупнейший стратегический резерв ТЭК ДВР на десятилетия. Коксующиеся угли юга РСЯ имеют запасы более 2 млрд. т [5].

Разрабатывается пока одно месторождение Fe руд – Кимканское (ЕАО). На нем начата добыча в 2009 г. Ввод в эксплуатацию Гаринского объекта намечен на 2012 г., Сутарского – на 2014 г. [6]. Проектируемая мощность ГОКов на трех объектах – 5 млн. т руды / год. Перспективны для освоения объекты Южно-Алданского (Таежное, Десовское и др.) и Чаро-Токкинского (Тарыннахское и др.) районов с запасами > 6 млрд. т Fe руд и коксующиеся угли Ю.-Якутского бассейна представляют собой крупнейшую сырьевую базу для проектируемого здесь горно-металлургического комбината.

Разрабатываемые U месторождения Стрельцовского рудного поля сосредоточены в Забайкалье. В РСЯ имеется стратегический резерв крупных комплексных U-TR с Au месторождений, а также ряд мелких в Хабаровском и Приморском краях. На базе якутских U-TR месторождений Эльконской группы планируется строительство горно-химического комбината по типу ППГХО (г. Краснокаменск).

Разработка нефтяных и газовых месторождений осуществляется в Сахалинской области и РСЯ. Добыча ведется в сравнительно малых объемах. Разрабатываемые и перспективные для освоения месторождения нефти и газа: Пильтун-Астохское, Лунское, Сахалин-3, 4, 5 и др. – в Сахалинской обл.; Талаканское и Чаяндинское нефтеконденсатные месторождения – в РСЯ. Проектная мощность Талаканского объекта – 8-10 млн. т нефти / год (начато освоение), Чаяндинского – 23-27 млрд. $м^3$ / год, начало отработки – 2012 г. [6].

Забайкалье – старейшая горнорудная провинция России. Еще в XIX в. здесь найдены и отрабатывались первые российские месторождения Pb, Zn, Ag, Au, Sn, W, флюорита (Гарсонуйское), Fe (Балягинское). Известны месторождения RM и TR (Катугинское), титаномагнетитов (Кручининское, Чинейское), бурых и каменных углей (Харанорское, Апсатское и др.), цеолитов (Шивыртуйское, Холинское), перлитов (Закультинское) [7]. Первоочередные для освоения – Тасеевское, Быстринское и Удоканское.

Основные геологические особенности осваиваемых и подготовленных к промышленному освоению месторождений: преобладание рядовых и пониженных промышленных содержаний; чаще всего комплексный состав руд; сложное геологическое строение; в нераспределенном фонде качество месторождений обычно низкое. Перспективные для освоения крупные рудные объекты Вост.-Российского региона расположены, как правило, в малоосвоенных труднодоступных районах и по геологическому строению относятся к 3 и 4 категориям сложности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бавлов В.Н. Об основных результатах геологоразведочных работ на твердые полезные ископаемые в 2007 г. и перспективы их развития в 2008 г. // Разведка и охрана недр. 2006. № 4. С. 7-12.
2. Белов С.В. Драгоценная кладовая России // Золотодобывающая промышленность. 2011. № 5. С. 30-39.
3. Бойко А.В., Прилуков А.Н. Минерально-сырьевой потенциал Российского Дальнего Востока, динамика и перспективы его освоения // ГИАБ. 2007. № 9. С. 143-154.
4. Брайко В.Н., Иванов В.Н. Итоги работы отрасли по добыче и производству драгоценных металлов и драгоценных камней в 2010 г. и прогноз ее развития на ближайшие годы // МРР. Экономика и управление. 2011. № 3. С. 51-72.

5. Машковцев Г.А. Коротков В.В. Минерально-сырьевое обеспечение новых горно-металлургических комплексов Вост. Сибири и Д. Востока // МРР. Экономика и управление. 2008. № 1. С. 54-63.
6. www.dvforum.ru
7. www.eruda.ru
8. www.metalinfo.ru

КЛАССИФИКАЦИЯ И ТИПИЗАЦИЯ МЕСТОРОЖДЕНИЙ НИКЕЛЯ

Смолькин В.Ф.

Государственный геологический музей РАН, Москва, vsmolkin@sgm.ru

Введение. Рудокопы средневековой Германии часто встречали руду, напоминающую Cu. Но извлечь Cu или другой металл не удавалось и руду назвали «купферникель» (негодная Cu). Впервые Ni обнаружил молодой шведский металлург А. Кронштедт в As руде из гидротермальных жил Саксонии в виде соединения Ni и As. Но открытие долго оспаривалось. Выдвигались утверждения, что Ni – это не самостоятельный металл, а сплав уже известных металлов с As и S. В 1775 г. его соотечественник Т. Бергман доказал, что Ni – новый металл, по свойствам схожий с Fe. Точку в истории поставил немецкий химик И. Рихтер, получив в 1804 г. чистый Ni путем обжига «купферникеля» на воздухе, восстановлением углем и многократной перекристаллизацией.

Долгое время Ni имел ограниченное применение (ювелирные изделия, монеты). В течение XX в. Ni стал основным металлом черной металлургии для получения сплавов с Fe, Cu, Zn и другими, общее количество которых превышает 3000. Большая его часть расходуется на производство устойчивой к коррозии нержавеющей стали. Жаропрочные сплавы применяются для производства газовых турбин, реактивных двигателей и прочной брони. Сплавы нашли применение в химическом машиностроении и аппаратостроении, электроизмерительной аппаратуре, электротехнике, атомных реакторах. Широко известны щелочные Ni-Cd и Ni-Fe аккумуляторы. Соли Ni используются в керамической промышленности как красители. Ni незаменим в каталитической химии, где используется как более дешевый материал вместо Pt и Pd. На изготовление катализаторов расходуется до 10 % производимого в мире Ni. Особый класс составляют магнитные сплавы. Один из них – пермаллой – обладает феноменальной магнитной проницаемостью, используется в радиотехнике, технике связи и других областях применения слабых токов. Ni образует сплавы и со многими неметаллами, из которых наиболее известный, обладающий рекордной чистотой карбонильный Ni, незаменимый в производстве металлокерамики. В настоящее время интенсивно разрабатываются топливно-водородные элементы, представляющие энергетику будущего. В медицине Ni применяется при изготовлении имплантатов. Добыча Ni руд и производство концентратов (в пересчете на металл) с 1991 г. превышает 1 млн. т и неуклонно растет со средней скоростью 4 % в год, достигнув в предкризисные годы рекордного уровня 1.43 млн. т (рис. 1).

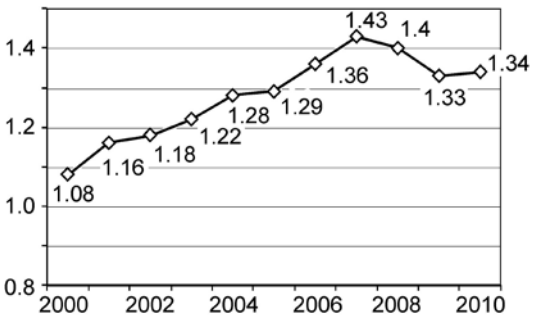


Рис. 1. Динамика добычи Ni руд (в млн. т).

Мировые ресурсы Ni силикатных (латеритных) руд значительно превышают ресурсы Ni сульфидных месторождений, но большая часть Ni добыта из сульфидных руд (рис. 2). Это обусловлено тем, что из сульфидных руд, помимо Ni, извлекается Cu, Co, PGE и Au, это делает их более рентабельными. Добыча Ni руд осуществляется в 23 странах. Наиболее крупные объемы добычи приходится на Россию (18.8 % от мировой добычи на 2006 г.), Канаду (15.8), Австралию (11,4), Индонезию (10.2), Новую Каледонию (7), Колумбию (6.4).

Классификация месторождений Ni. Общая классификация месторождений Ni, как и других месторождений, базируется на разных принципах: тектоническом или геодинамическом, формационном и генетическом, а также на особенностях минерального и химического состава руд и соотношений в них полезных компонентов. Преобладают комбинированные классификации, учитывающие в той или иной мере различные признаки, в том числе геолого-экономические.

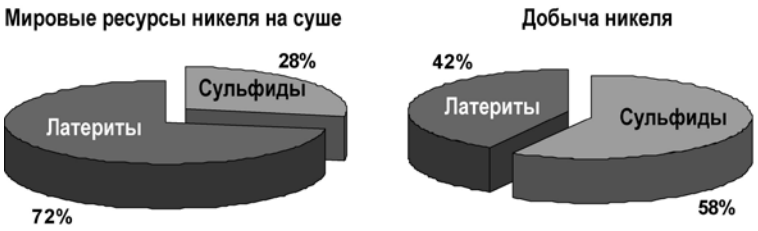


Рис. 2. Мировые ресурсы и добыча Ni.

В основу классификаций, использующих тектонический или геодинамический принципы, положена информация о приуроченности месторождений к той или иной геологической структуре – фундаменту или чехлу платформы, зонам тектоно-магматической активизации или протоактивизации платформ, орогенным областям, зонам субдукции, рифтогенным системам, литосферным плитам и зонам их сочленения и др. Сегодня подобные классификации наиболее дисскусионны. Объективной причиной является смена в течение последней половины XX в. геологической парадигмы – геосинклинальной модели на тектонику плит. Не существует общепринятой классификации Ni месторождений, основанной на геодинамическом принципе. Это задача будущего. Формационный принцип широко используется для классификаций месторождений Ni преимущественно магматического типа, для которых в большинстве случаев установлены пространственные и генетические связи между интрузиями, вулканитами или дайками и рудами ранее на эмпирическом уровне, в настоящее время – на основе геохимических данных и результатов анализа различных изотопных (Pb-Pb, U-Pb, Sm-Nd, Re-Os, Lu-Hf и др) систем. Один из примеров – классификация [4]. Подобные классификации должны постоянно совершенствоваться в связи с открытием новых рудоносных комплексов и формаций (напр., архейской коматиитовой) и новых типов месторождений (напр., Войс-Бэй в Канаде, Джинчуань в Китае, Кингаш в Сибири, Шануч на Камчатке) или пересмотром генетических связей между породными комплексами и рудами.

В основу генетического подхода положены два разных, но связанных принципа – генезис рудовмещающих комплексов (интрузивный, субвулканический, вулканогенный, осадочно-вулканогенный, гипергенный) и руд (ликвационно-магматический, гидротермальный, регенерированный, метасоматический, метаморфический или метаморфизованный и др.).

Состав магм тесно связан с глубиной, составом и степенью плавления мантийного субстрата. Он в значительной степени отражает степень извлечения Ni из этого субстрата и поэтому определяет ресурс Ni. Поэтому ряд авторов за основу выбрали типы магм, родоначальных для рудовмещающих магматитов. А.П. Лихачев [2] выделяет по содержанию MgO и с учетом состава руд и отношений в них Ni:Cu следующие магматические группы: маломагнезиальная (средневзвешанное 8-10, в дифференциатах 2-20), умеренно-магнезиальная (10-15, 3-30), магнезиальная (15-20, 5-40), повышенно-магнезиальная (20-25, 7-45), ультрамафическая (28-33, 25-55), гибридная низкомагнезиальная (4, 0,2-16) и маломагнезиальная (2-16, 1-20), каждой соответствует рудоносная магматическая формация. Названия формаций отражают преобладающие типы магматических пород – габбро-троктолитовая, габбро-пикрит-долеритовая и др.

Состав руд, как правило,учитывается в большинстве классификаций в виде минерального состава рудных ассоциаций (пирротин-халькопирит-пентландитовая, пирротин-пентландитовая, халькопиритовая, никелиновая, керолит-нонтронит-охристая и др.) или содержаний (Ni, Cu, ЭПГ) и отношений полезных компонентов (Ni:Cu, Ni:Co, (Pt:Pd)/Ni).

В ряде случаев состав руд положен в основу классификаций типов месторождений – сульфидные Cu-Ni, Ni-содержащие малосульфидные (с PGE), ильменит-магнетитовые, As-Ni-Co и др.

Наиболее полная классификация месторождений сульфидных Cu-Ni и ЭПГ руд магматического генезиса, в т. ч. малосульфидных никельсодержащих, разработана А.Дж. Налдреттом [3], в основу которой положен петролого-тектонический принцип, учитывающий тип рудосодержащих магм и тектоническое положение рудных тел в период их образования. Сульфидные Cu-Ni месторождения разделены А.Дж. Налдреттом по типам магм на 6 классов: коматиитовый, платобазальтовый, ферропикритовый, анортозит-гранит-троктолитовый, разнородный (преимущественно пикритовый и толеитовый), импактный. Дополняющие их месторождения никельсодержащих платиноидных руд отнесены к двум высокомагнезиально-андезитобазальтовым (или бонинитовым) и одному толеитовому классам.

Наиболее полная классификация Ni и Ni-содержащих месторождений разработана Л.В. Игревской [1], которая наряду с известными промышленными типами выделила перспективные источники Ni – океанические осадочного и гидротермального происхождения и техногенные. Данная типизация взята нами за основу с дополнениями и уточнениями. Все месторождения по условиям образования могут быть разделены на 4 класса: эндогенный; экзогенный (гипергенный); океанический; техногенный. Наиболее крупный

класс «эндогенные месторождения» объединяет 6 групп: магматические; импактно-магматические; метаморфогенные; гидротермальные; гидротермально-метасоматические; вулканогенно-колчеданные.

Магматические месторождения содержат три семейства: сульфидные Cu-Ni, являющиеся главным промышленным типом, малосульфидные платиноидные и ильменит-магнетитовые, для которых Ni является попутно извлекаемым компонентом. Первое семейство наиболее разнообразно по типам месторождений, приуроченных к различным по составу, строению и ресурсам вулканическим, субвулканическим, дайковым и интрузивным образованиям. К ним относится крупнейшие месторождения Норильского рудного района. Представители второго – крупнейший Бушвельдский и Уиткомст комплексы (ЮАР), третьего – Теллнес в Норвегии, одного их крупнейших месторождений Ti в мире, но с низкими содержаниями Ni.

Особняком находится вторая группа импактно-магматических месторождений, пространственно и генетически связанная с крупным интрузивным плутоном Садбери. Плутон сформировался в результате дифференциации и кристаллизации магматического расплава, возникшего в результате импактного события в позднепротерозойское время.

Дополнительно выделенная нами метаморфогенная группа включает в себя сульфидные Cu-Ni месторождения, возникшие в результате переотложения и концентрации сульфидного вещества, что обусловлено интенсивными процессами метаморфизма и метасоматоза в различных по генезису мафит-ультрамафитовых комплексах. Наиболее ярким примером является выработанное месторождение Оутокумпу, Финляндия, приуроченное к раннепротерозойской офиолитовой формации.

Группа гидротермальных месторождений, которая была основной до середины XIX в., содержит комплексные разнообразные по составу Co- и Ni-содержащие руды, связанные с умеренно кислыми гранитоидами орогенного типа и часто ассоциирующие с дайками долеритов.

Гидротермально-метасоматическая группа включает в себя новый тип комплексного полиметаллического оруденения в черносланцевых толщах докембрийского и раннепалеозойского возраста, широко развитых на всех континентах, в том числе в пределах щитов и платформ. Оруденение имеет сложный генезис. Оно приурочено к зонам брекчирования и метасоматоза, основная часть рудных элементов заимствована из вмещающих черносланцевых толщ, часть привнесена гидротермальными растворами. Характерным для рудных зон является полиэлементный состав. Наряду с Ni, который не является главным компонентом, в них содержится значительное количество других металлов – ЭПГ, V, Mo, W, U, Zn, Pb, Sb, Cu, Co и др. В полной мере месторождения данной группы еще не оценены, они могут стать новым источником ресурсов и добычи никеля в XXI веке.

Группа вулканогенно-колчеданных месторождений, пространственно и генетически связанная преимущественно с контрастными базальт-риолитовыми сериями, формирующиеся на ранних стадиях развития морских бассейнов в островодужной обстановке. Состав руд варьирует от Cu-Pb-Zn до Pb-Zn. Ni связан с второстепенными силикатными минералами, реже с сульфидами. Содержание Ni в рудах низкое, но современные технологии позволяют осуществлять рентабельный передел. Одно из наиболее крупных месторождений Талвиваара (пояс Кайну, Финляндия) подготовлено к отработке.

Класс «экзогенные (гипергенные) месторождения» объединяет две большие группы, связанные с корами выветривания на серпентинизированных ультрамафических породах преимущественно офиолитовых комплексов. Одна группа включает большое количество месторождений неоген-четвертичного возраста Н. Каледонии, Индонезии, Филиппин, Австралии, Мадаскара, Кубы и других стран в тропическом поясе. Во вторую группу включены месторождения более древних кор выветривания на Ю. Урале, сформированные в условиях субтропического климата преимущественно в поздний триас – раннюю юру. Мощность и строение кор выветривания определяется климатическими условиями от тропических до субтропических, расположением на островах или внутри континентов, составом и строением ультрамафического субстрата, представленного дунитами, перидотитами, пироксенитами, горнблендитами или коматиитами. Месторождения разделяются на площадной, линейный и линейно-площадной типы.

В общем разрезе кор выветривания верхние зоны представлены глубоко окисленными рудами, ниже они сменяются полу- и слабоокисленными. Преобладают два типа профилей: полный (керолит-нонтронит-охристый) и сокращенный (керолит-охристый). Руды по преобладающему химическому составу разделяются на геолого-промышленные подтипы: (1) силикатный никелевый, (2) оксидный легированно-железорудный и (3) наиболее распространенный, собственно латеритный оксидно-силикатный кобальто-никелевый. Пример первого подтипа – огромные по запасам месторождения Н. Каледонии (Тиебаги и др.), перекрываюшие серпентинизированные перидотиты океанической коры, второго – месторождения Мадагаскара (р-н Амбатови) и приуроченные к «железистым шляпам» над ультрамафитами место-

рождения Камеруна (Мада, Нкамоуна), третьего – месторождения Зап. Австралии (р-н Рейвенсторп) и Ю. Урала вблизи Магнитогорска (Сахаринское). Последнее представляет собой кору выветривания полного профиля на Куксакском габбро-пироксенит-дунитовом массиве каменоугольного возраста.

Океанический класс месторождений обладает огромными ресурсами, которые еще не востребованы. Он включает в себя типы: Fe-Mn конкреции на дне глубоководных впадин; Co корки подводных гор и возвышенностей; гидротермальные сульфидные постройки в виде действующих «черных курильщиков» и зрелых «сульфидных куполов»; эпитермальные сульфидные месторождения; металлоносные осадки в глубоких впадинах морей и океанов. Месторождения данного класса имеют аналоги в геологическом прошлом – фрагменты гидротермальных сульфидных построек обнаружены на Урале, в пределах Тагильской металлогенической зоны (Cu-Zn месторождение Валенторка и др.).

Работа выполнена при поддержке Программ фундаментальных исследований Президиума РАН № 17 и ОНЗ РАН № 2 «Рудные месторождения: от генетических моделей к их прогнозу на территории России».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Игревская Л.В. Тенденции развития никелевой промышленности: мир и Россия. М.: Научный мир, 2009. 268 с.
2. Лихачев А.П. Платино-медно-никелевые и платиновые месторождения. М.: Эслан, 2006. 496 с.
3. Налдретт А.Д. Магматические сульфидные месторождения медно-никелевых и платинометальных руд. СПб.: СПбГУ, 2003. 487 с.
4. Рудные месторождения СССР. Т. 2. М.: Недра, 1978. 399 с.

ВЫСОКОГЛИНОЗЕМИСТЫЕ ДИАСПОРСОДЕРЖАЩИЕ ПОРОДЫ МЕСТОРОЖДЕНИЙ УРАЛА

Сорока Е.И.[1], Леонова Л.В.[1], Галеев А.А.[2]

[1] Институт геологии и геохимии УрО РАН, Екатеринбург, soroka@igg.uran.ru
[2] Казанский (Приволжский) федеральный университет, Казань

Высокоглиноземистые породы с диаспором, пирофиллитом и другими глиноземистыми минералами часто встречаются в рудовмещающих толщах некоторых рудных месторождений Урала. К высокоглиноземистым относятся остаточные, осадочные, гидротермальные и метаморфические образования, содержащие > 4-6 % минералов «свободного» глинозема (гиббсита, бёмита, диаспора, дистена, пирофиллита и др.) и представляющие практический интерес как руды на глинозем, алюминий и его сплавы [7]. Породы, образовавшиеся при латеритном выветривании, когда глинозем оставался на месте, а щелочи, щелочные земли и кремнезем выносились, входят в группу бокситов. Породы с «подвижным» глиноземом, которые образуются при осаждении Al на геохимических барьерах, но по содержанию глинозема и кремниевому модулю могут быть аналогичны бокситам, относятся к гидротермальным и гидротермально-осадочным. К метаморфическим относят глиноземистые породы, в которые входят высокотемпературные и высокобарические корунд, дистен, силлиманит, андалузит, диаспор, хлоритоид [4].

Высокоглиноземистые пирофиллит- и диаспорсодержащие породы хр. Малдынырд (Приполярный Урал, Кожимский р-н), входящие в рудовмещающую толщу Au-Pd проявлений Чудное и Нестеровское, содержат 10-90 об. % пирофиллита и до 60 об. % диаспора. В некоторых разностях с диаспором и пирофиллитом отмечено до 50 об. % хлоритоида. Диаспор встречается в виде мелкочешуйчатых и скрытокристаллических разностей, а также таблитчатых кристаллов, удлиненных по оси *c*. В прожилках он часто представлен пластинами (до 0.2 мм). Также бывает представлен радиально-лучистыми и сноповидными агрегатами (рис. 1 а, б). В глиноземистых породах района выделяется 4 генерации диаспора [3]. Содержание Al_2O_3 в некоторых диаспорсодержащих разностях достигает 48 мас. % (табл. 1).

В высокоглиноземистых породах разломных зон хребта совместно с хлоритоидом, пирофиллитом, диаспором встречается дистен (кианит) в виде тонких полупрозрачных кристаллов светло-серого цвета до 15 мм и пучковидных агрегатов. Хлоритоид – в виде призматических идиоморфных темно-зеленых кристаллов и сноповидных агрегатов. Глиноземистые породы хр. Малдынырд имеют бордовый,

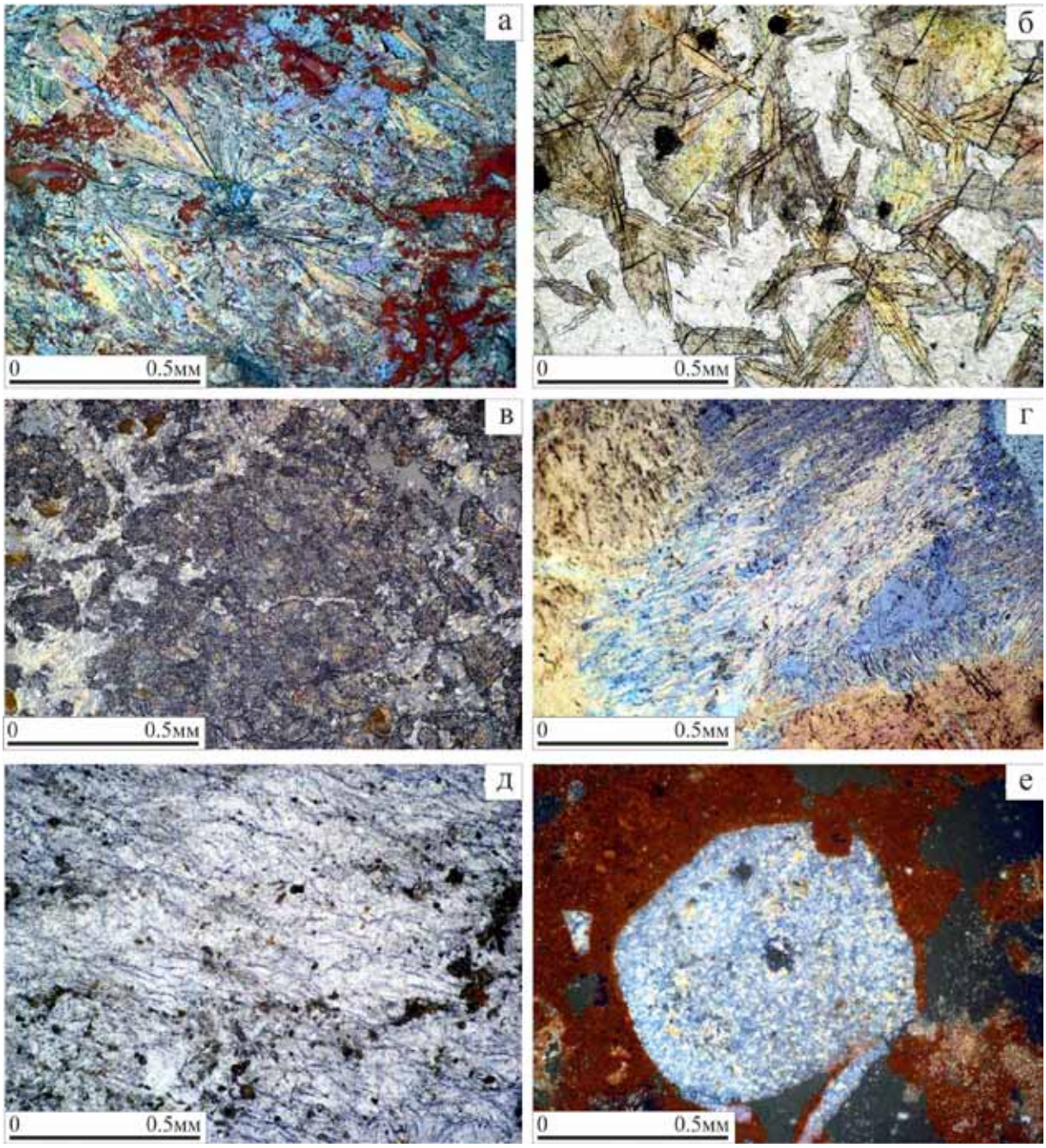


Рис. 1. Микорфотографии шлифов диаспорсодержащих пород месторождений Урала: а – радиально-лучистые агрегаты кристаллов диаспора, обр. 6767, хр. Малдынырд, рудопроявление Нестеровское, николи ×; б – сноповидные и звездчатые агрегаты кристаллов диаспора, руч. Алькес-Вож, хр. Малдынырд, рудопроявление Чудное, николи ×; в – скрытокристаллический диаспор (темные обособления сложной формы) и более светлые мелкочешуйчатые образования пирофиллита в диаспор-пирофиллит-кварцевой породе, обр. 2064-2, колчеданное м-ние Куль-Юрт-Тау, николи ×; г – мелкочешуйчатый струйчатый пирофиллит (в центре) между обособлениями скрытокристаллических образований сложной формы, обр. К-9-1, м-ние Куль-Юрт-Тау, николи ×; д – пирофиллит-кварцевая порода с диаспором, темное – гематит и рутил, медноколчеданное м-ние Гайское, николи ||; е – бобовина с пластинками бёмита, красный немаркий боксит, м-ние Красная шапочка, СУБР.

коричневато-розовый, светло-желтый и белый цвет. Гематит и магнетит встречаются практически во всех разностях глиноземистых пород, но в окрашенных породах сумма $FeO+Fe_2O_3$ достигает 14 мас. %. Некоторые разности глиноземистых пород отличаются высоким содержанием РЗЭ, их минералы представлены редкоземельными фосфатами (флоренсит) и силикатами (циркон, алланит, иттротитанит и др.).

На происхождение высокоглиноземистых пород хр. Малдынырд существуют разные точки зрения. Часть исследователей считает, что диаспорсодержащие разности – это метаморфизованные древние коры выветривания [3]. Предполагается, что существенно пирофиллитовые породы относятся к фации

кварц-серицитовой формации метасоматитов. Они образовались в процессе кислотного выщелачивания вулканогенно-осадочных пород в период пермской тектоно-магматической активизации, широко проявленной на Урале [10].

Таблица 1. Химический состав глиноземистых пород рудных месторождений Урала.

№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
SiO_2	73.38	44.12	42.20	35.16	50.20	77.42	59.27	41.18	81.73	81.50	42.53	37.70
TiO_2	0.50	0.68	0.68	3.500	3.00	0.54	1.09	1.83	0.23	0.21	1.08	0.05
Al_2O_3	15.94	40.66	43.36	30.25	21.39	17.25	31.11	45.29	12.26	10.81	47.11	28.33
Fe_2O_3	2.65	5.54	4.9	15.19	10.37				0.26		0.10	2.07
FeO	0.50	0.43	0.29	2.25	7.54	0.56	0.13	0.58	0.57	1.09	0.14	0.12
MnO	0.05	0.04	0.04	0.20	0.38	–	0.05	0.05	0.01	0.05	0.05	< 0.10
MgO	–	0.10	–	0.10	0.84	0.05	0.05	0.05	0.52	1.04	0.10	0.12
CaO	0.28	Не об.	0.14	0.47	0.40	0.13	0.14	0.15	0.05	0.18	0.10	0.35
K_2O	3.70	0.46	0.09	7.01	1.19	0.23	2.22	0.45	0.52	2.61	0.31	4.06
Na_2O	0.27	0.11	0.07	0.72	1.59	0.10	0.42	0.17	0.18	0.52	0.21	0.19
P_2O_5	–	–	–	0.56	0.12	0.08	0.11	0.15	0.06	0.02	0.04	0.17
Σ	99.25	98.98	99.32	99.57	100.05				100.08	99.88	100.70	92.45
H_2O	–	–	–	0.45	–							0.36
CO_2	–	–	–	–	< 0.10							< 0.10
П.п.п.	1.98	6.84	7.55	4.66	2.90	3.44	5.28	8.40	2.51	1.75	8.03	17.37

Примечание. 1-5 – хр. Малдынырд, Приполярный Урал: 1 – серицит-пирофиллит-кварцевая; 2-3 – пирофиллитовая с диаспором, кианитом, хлоритоидом, руч. Алькесвож; 4 – кварц-пирофиллит-серицитовая с хлоритоидом, кар Грубе-пендиты; 5 – кварц-хлорит-серицит-хлоритоидная, руч. Каньонный; 6-8 – Гайское медноколчеданное месторождение, Ю. Урал [12]: 6 – кварц-пирофиллитовая; 7 – серицит-пирофиллитовая; 8 – диаспор-пирофиллитовая; 9-11 – колчеданное месторождение Куль-Юрт-Тау, Ю. Урал [9]: 9 – кварц-пирофиллитовая, 10 – пирофиллитовая, 11 – диаспор-пирофиллитовая; 12 – кварц-алунит-серицит-каолинитовая, Сафьяновское медноколчеданное месторождение, Ср. Урал. Анализы 1-4 выполнены в ИГГ УрО РАН, г. Екатеринбург; 5-12 – в ИМин УрО РАН, г. Миасс.

Метаморфизованные глиноземистые породы («алюмосилицилаты») группы Кабанских колчеданных месторождений (Ср. Урал), которые в настоящее время не разрабатываются, включают разности с андалузитом, корундом, диаспором, пирофиллитом и галоидсодержащими минералами – топазом, зуниитом, апатитом, флюоритом, и распространены среди околорудных осветленных пород рудовмещающей толщи. Содержание Al_2O_3 в некоторых породах достигает 67.43 мас. % [6]. Считается, что часть глиноземистых пород образовалась метасоматическим путем. Другая часть (с высоким содержанием глинозема) – при замещении некоторых изначально обогащенных глиноземом толщ [6].

На Сафьяновском медноколчеданном месторождении (Ср. Урал) в гидротермально измененных породах рудовмещающей толщи встречаются алунит, каолинит, диаспор и пирофиллит. Глиноземистые минералы выделяются в тонкодисперсной и скрытокристаллической формах и подтверждаются рентгенофазовым и термическим анализами [8]. В осветленных породах на контакте с массивными рудами развита глиноземистая ассоциация кварц-алунит-каолинит-серицит (иллит), на протяжении 1 м от контакта быстро сменяющаяся ассоциацией кварц-серицит(иллит)-каолинит-хлорит. Al_2O_3 в некоторых осветленных алунит-каолинит-кварцевых разностях околорудных метасоматитов достигает 28 мас. % (табл. 1).

Высокоглиноземистые породы Гайского медно-колчеданного месторождения (Оренбургская обл., Ю. Урал) приурочены к его северной части. Рудовмещающие отложения относятся к риолит-базальтовой формации эйфельского возраста [12]. Диаспорсодержащие породы представлены линзовидными телами серого цвета среди кварц-серицит-пирофиллитовых сланцев (рис. 1 д). В диаспорсодержащих массивных разностях Al_2O_3 достигает 45 мас. % (табл. 1). Диаспор в виде призматических зерен (размер 0.02-0.1 мм) и скрытокристаллических обособлений сложной формы (1-10 мм). Диаспоровые сланцеватые разности обычно содержат участки и будины массивных серицитовых и пирофиллитовых кварцитов с низкими содержаниями Si и повышенными Al и Ti [12]. Сумма $FeO+Fe_2O_3$ около 1 мас. %.

Рудовмещающие породы колчеданного месторождения Куль-Юрт-Тау (Баймакский р-н, Ю. Урал) представлены вулканитами дацитового, риолитового и андезито-базальтового состава баймак-бурибайского комплекса эйфельского возраста. Глиноземистые породы встречаются в зоне рассланцевания гидротермально измененных вулканитов и образуют полосы и линзы различной мощности. В кровле серно-колчеданного тела развиты пирофиллитовые сланцы с будинами пирофиллит-кварцевых диаспорсодержащих пород. Диаспоровые породы серого цвета сложены микропластинчато-чешуйчатым агрегатом диаспора и пирофил-

лита (рис. 1 в, г), часто образуют гнезда и линзы мощностью 0.5-2 м [9]. В пирофиллит-диаспоровых будинах находятся пятна зеленовато-белого пирофиллита и жилки более позднего шестовато-волокнистого пирофиллита (1.5-15 мм), ориентированного поперек прожилкования, в малых количествах присутствуют серицит и каолинит. Al_2O_3 достигает 47 мас. %.

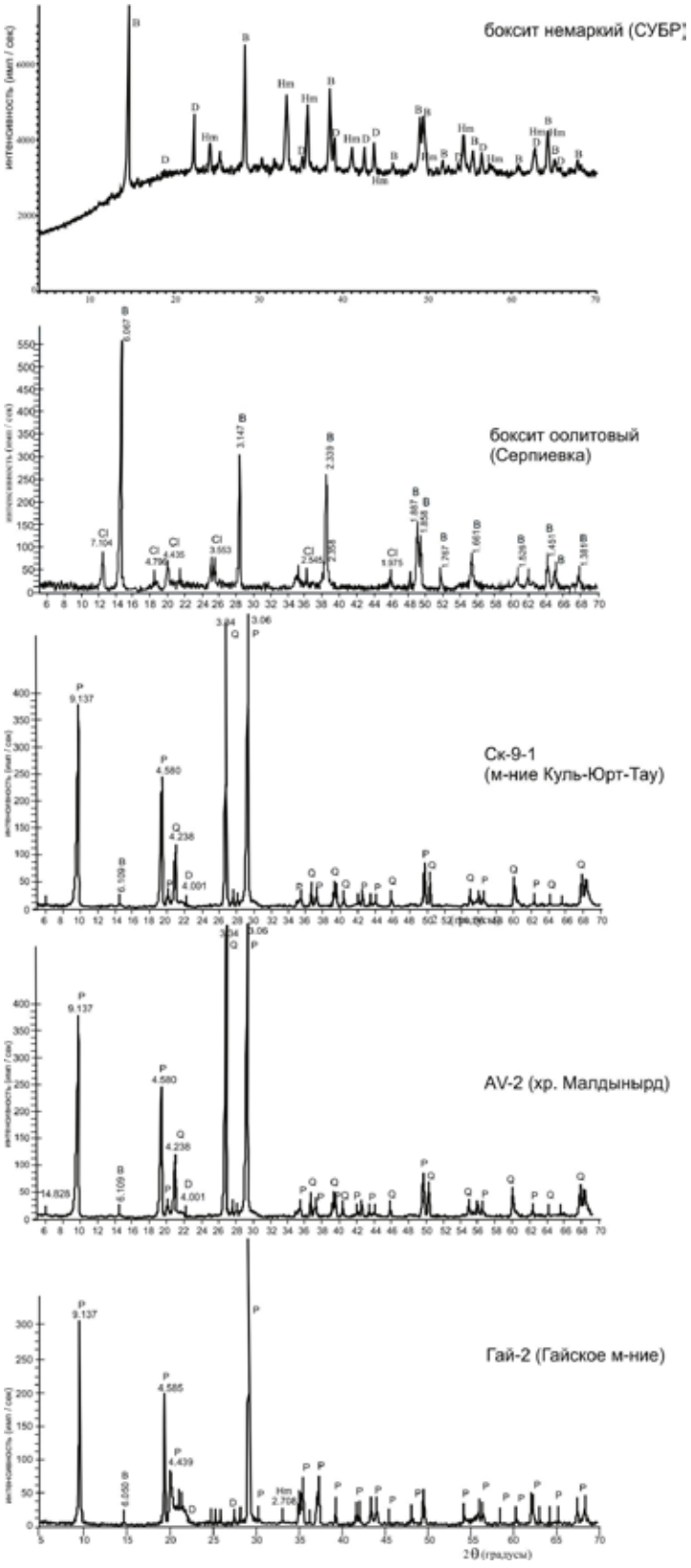


Рис. 2. Дифрактограммы диаспорсодержащих пород и бокситов Урала. B – бёмит, D – диаспор; Cl – хлорит; P – пирофиллит; Q – кварц; Hm – гематит.

Обычно кварц-пирофиллитовые метасоматиты на колчеданных месторождениях Ю. Урала рассматриваются как крайние члены ряда кислотного выщелачивания по кислым магматическим породам, образованные в процессе гидротермальной поствулканической деятельности [9], а их образование по времени совпадает с рудообразованием.

В глиноземистых диаспорсодержащих породах некоторых месторождений Урала присутствует бёмит [8]. Он определен рентгенодифрактометрическим анализом на дифрактометре XRD-7000 (Shimadzu) в лаборатории ФХМИ ИГГ УрО РАН. Кроме того, проанализированы образцы немарких бёмитовых бокситов (Красная шапочка, СУБР, Сев. Урал), серых оолитовых бёмит-хлоритовых бокситов (Серпиевское, Ю. Урал) (рис. 2). На дифрактограммах хорошо выражены характерные пики базального отражения: 6.11; 3.16; 2.35; 1.86 Å (оператор Т.Я. Гуляева). Кроме того, в немарких бёмитовых бокситах СУБРа содержится диаспор, в образцах южноуральских бёмит-хлоритовых бокситов – хлорит (шамозит), в незначительных количествах – кальцит. На дифрактограммах образцов диаспорсодержащих пород с Гайского месторождения, Куль-Юрт-Тау, хр. Малдынырд наблюдаются пики бёмита слабой интенсивности, а также диаспора, пирофиллита, кварца (рис. 2).

Бёмит известен как типичный минерал палеозойских карстовых бокситов. С ним могут присутствовать гиббсит, каолинит, диаспор, гидроксиды Fe, глинистые минералы, хлорит. Бёмит, как и диаспор, встречается в основном в виде скрытокристаллических разностей. В одном типе бокситов в разных количественных соотношениях могут встречаться следующие парагенезисы минералов глинозема: гиббситовый, гиббсит-бемитовый, бёмитовый, бёмит-диаспоровый, диаспоровый. Силикатные минералы образуют парагенезисы: каолинитовый, каолинит-септохлоритовый, каолинит-галлуазитовый, каолинит-

иллитовый, каолинит-хлоритовый, септохоритовый, хлоритовый, каолинит-пирофиллитовый, пирофиллитовый, галлуазитовый [1].

В изучаемых глиноземистых породах рудных месторождений, по аналогии с приведенными бокситовыми парагенезисами, можно выделить следующие глиноземистые ассоциации: бёмитовую, бёмит-диаспоровую, диаспоровую. Ассоциации силикатных минералов: каолинит-иллитовая, каолинит-хлоритовая, хлоритовая, каолинит-пирофиллитовая, пирофиллитовая. В глиноземистых породах хр. Малдынырд можно выделить бёмит-диаспоровую и диаспоровую, а также хлоритовую, пирофиллитовую, хлоритоидную ассоциации. В породах месторождений Гайское и Куль-Юрт-Тау можно выделить бёмит-диаспоровую, диаспоровую, каолинит-иллитовую, каолинит-хлоритовую, каолинит-пирофиллитовую, пирофиллитовую ассоциации. Это может указывать на первоначально осадочный субстрат некоторых диаспорсодержащих пород месторождений.

Для осадочных отложений современных и древних бассейнов характерно присутствие рассеянного органического вещества (РОВ), захороненного в минеральных матрицах в процессе образования осадка. Для обнаружения следов РОВ в глиноземистых породах рудовмещающих толщ применялся ЭПР [11]. Спектры парамагнитных углеродных радикалов просты и описаны для многих твердых и жидких природных органических веществ, а также продуктов их термохимических превращений. Оптимизация методики измерений позволяет выявлять сигналы ЭПР радикалов такого типа без разрушения минеральной части пород. Требуемая сохранность ископаемого органического вещества в исследуемых породах связана, скорее всего, с глинистой и карбонатной компонентами, где большая удельная поверхность частиц и их высокая сорбционная способность служили консервантом и осадителем ОВ.

Таблица 2. Параметры спектров ЭПР высокоглиноземистых пород Урала.

Образцы Место отбора	Минеральный состав	Температура нагрева		
		До отжига	После отжига **350**°C, g (ΔH, Гс)	После отжига **600** °C, g (ΔH, Гс)
Sgay1b Гай Юж.Ур.	Пирофиллит, диаспор, бёмит	–	2.0027±0.0003 (5.4)	2.0027±0.0001 (5.4)
Sgay1w Гай Юж.Ур.	Пирофиллит, диаспор, бёмит, слюда	–	+	2.0027±0.0001 (5.2)
Sk-9-1 Куль-Юрт-Тау	Пирофиллит, кварц, диаспор, бемит, пш	–	–	2.0027±0.0001 (5.8)
S393243 Куль-Юрт-Тау	Пирофиллит, кварц, каолинит, бемит, диаспор	–	–	2.0027±0.0001 (4.5)
S2064 Куль-Юрт-Тау	Пирофиллит, диаспор, каолинит, бёмит	–	–	2.0027±0.0001 (4.5)
So-av2 хр. Малды-ныpд Пр.Ур.	Пирофиллит, мусковит, диаспор, бёмит, хлоритоид, пирит	–	2.0029±0.0004 (9.2)	–
So6766 хр. Малдынырд	Пирофиллит, диаспор, хлорит, гематит	–	–	2.0027±0.0001 (5.2)
Саф1346 Сафьяновка. Ср.Ур.	Кварц, серицит. хл, пш, каол., сульфиды	2.0031	2.0031 (5.4)	2.0027 (3.5)
Serpio Ю.Урал. Серпиев.	Хлорит, бемит	2.0034 (5.0)	2.0039 (6.1)	–
Ю.Урал. боксит Серпиев.	Хл, бемит	2.0034 (4.8)	2.0038 (5.9)	–

Примечание. g-фактор определяет положение линии радикала в спектре ЭПР; ΔH – ширина линии спектра; прочерк – сигнал углеродного радикала не выражен; + сигнал выражен слабо. Образцы с Гайского колчеданного месторождения предоставлены В.Н. Удачиным, с колчеданного Куль-Юрт-Тау – И.В. Синяковской (ИМин УрО РАН, г. Миасс); обр. So6766 – Я.Э. Юдовичем (ИГ Коми НЦ УрО РАН, г. Сыктывкар).

В процессе исследований записывались спектры исходных образцов без предварительного отжига и прогретых при температурах 350 и 600 ºС в течение 30 мин. Запись производилась при комнатной температуре в автоматическом режиме на портативном спектрометре DX-70 с рабочей частотой 9.272 ГГц и спектрометре ESR 70-03 DX/2. Исследования проводились в лаборатории физико-химических методов Казанского федерального университета (оператор А.А. Галеев) и лаборатории ФХМИ ИГГ УрО РАН (оператор Ю.В. Щапова). Установлены сигналы углеродных радикалов практически во всех пробах глиноземистых пород (табл. 2).

По характеристикам сигнал углеродного радикала можно отнести к двум типам. В образце So-av2 (Приполярный Урал) сигнал (рис. 3 а) наблюдался при съемке предварительно отожженной до 350 °С пробы и характеризовался широкой линией спектра (ΔH = 7.8 Гс, g = 2.0030), такой же сигнал наблюдался и при съемке образца с Гайского м-ния (рис. 3 в). При съемке пробы So-av2 после отжига до 600 ºС сигнал исчезал. Сигналы с такими характеристиками типичны для ископаемых растительных остатков низкой степени метаморфизма (не выше 300 ºС) [6]. Для ископаемого ОВ животного происхождения типичны сигналы с ΔH = 0.6-5.8 Гс, g = 2.0027, наблюдаемые после отжига до 600 ˚С [5]. Для фосфатных остатков

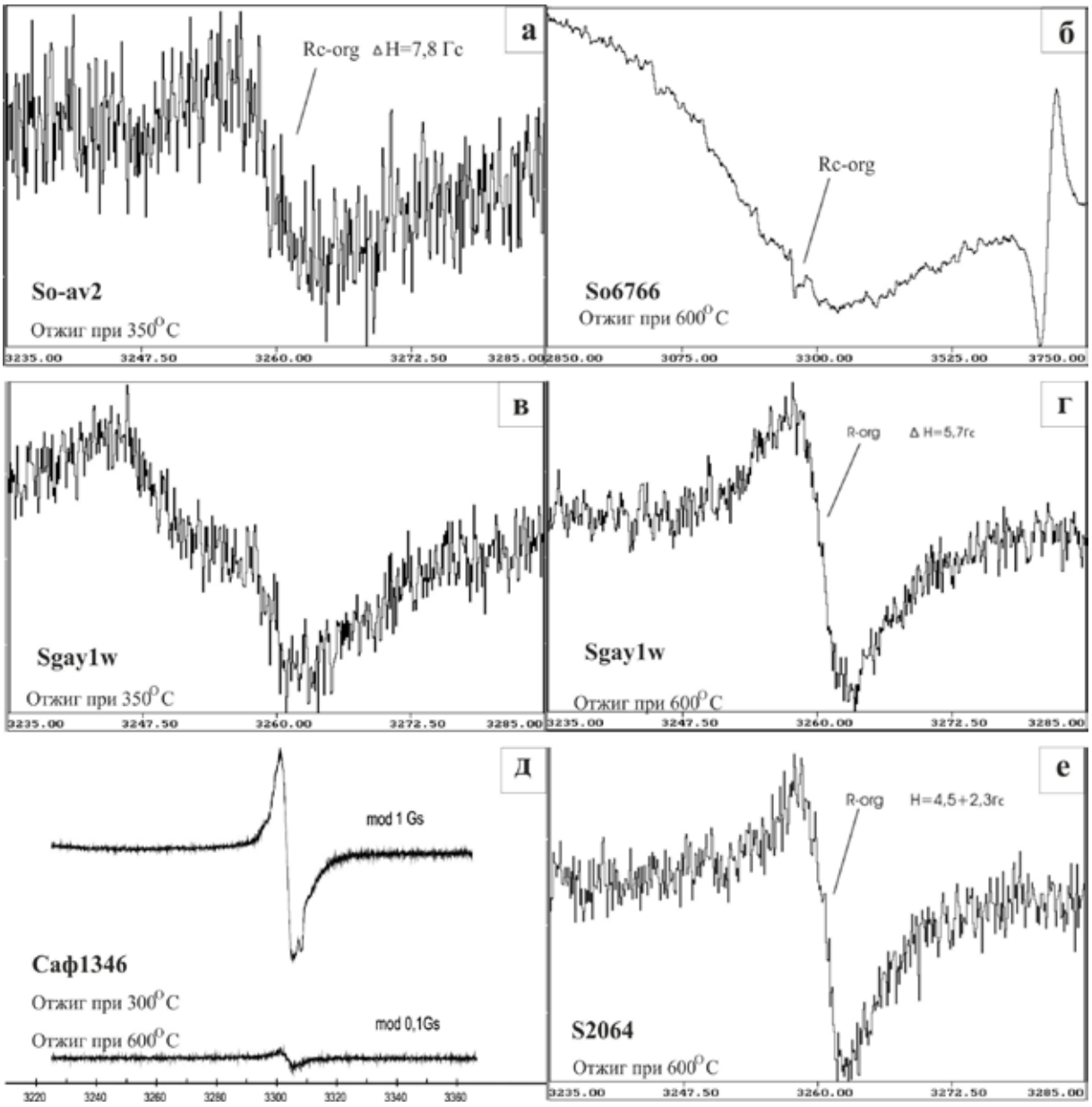


Рис. 3. Сигналы углеродного радикала (Rc-org) на спектрах ЭПР глиноземистых пород: а – обр. Soav-2, хр. Малдынырд, уч. Алькесвож; б – обр. So6766, хр. Малдынырд, уч. Сводовый; в, г – обр. Гай2, м-ние Гайское; д – обр. 1346, Сафьяновское м-ние; е – обр. S2064, м-ние Куль-Юрт-Тау.

зубов, костей, копролитов, а также для фосфоритов и фосфоритизированных фоссилий, включая бактериальные желваки, характерны асимметричные широкие линии спектра ΔH = 4.1-6 Гс и g = 2.0027 после отжига до 600 ˚С [5]. Сигналы с подобными характеристиками обнаружены в образцах с месторождений Гайского и Куль-Юрт-Тау (рис. 3 г, е), а также в образце So6766 с Приполярного Урала (табл. 2). Сигнал при съемке данного образца был менее интенсивный, но он отчетливо наблюдался и при переходе к регистрации спектра с амплитудой модуляции ~ 2 Гс, области вхождения Mn^{2+} в карбонаты (рис. 3 б).

Для сравнения в табл. 2 приведены характеристики сигналов при съемке ЭПР-спектров бокситов Серпиевского проявления, Ю. Урал. Для проб, снятых без предварительного отжига, параметры сигнала углеродного радикала несколько отличаются от таковых после отжига до 350 ºС (до отжига g = 2.0034, ΔH = 5.0-4.8 Гс; после отжига g = 2.0039-2.0038, ΔH = 6.1-5.9 Гс), интенсивность сигнала прогретой пробы несколько выше. Различие характеристик пробы до отжига и после свидетельствует о том, что в минеральных матрицах бокситов захоронены остатки ископаемых растительных веществ низкой степени метаморфизма (сигнал проявляется после отжига 350 ºС) и углефицированного (метаморфизованного).

ОВ подобного типа обнаружено в углеродисто-кремнистых породах рудовмещающей толщи Сафьяновского медноколчеданного месторождения, Ср. Урал (табл. 2). На спектрах ЭПР, при съемке обр. 1346 до отжига и после него до 350 °С, появлялся сигнал с широкой линией спектра (рис. 3 д). Характеристики сигнала после отжига до 350 °С: g = 2.0031 ± 0.0001; ширина ΔH = 5.4 Гс. При съемке образца, отожженного до 600 °С, появлялся слабый сигнал с g = 2.0027 ± 0.0001 и узкой линией спектра (ΔH = 0.6 Гс). Сигналы с такими параметрами при съемке после отжига до 600 °С свойственны остаткам ископаемого органического вещества животного происхождения, что может быть связано с захоронением остатков жизнедеятельности гнилостных микроорганизмов на ранних стадиях седиментогенеза.

Можно сделать вывод, что изучаемые образцы глиноземистых пород изначально содержали глинистую составляющую. Накопление вещества происходило в прибрежно-морских, лагунно-морских условиях, т.к. наилучшие условия для накопления и консервации органического вещества создаются в застойных участках и понижениях донного рельефа [7]. Восстановительная обстановка препятствует окислению остатков деструктурированной органики и развитию бентосных организмов, перерабатывающих донные илы.

Таким образом, в рудовмещающих толщах уральских колчеданных месторождений Гайское, Куль-Юрт-Тау и золоторудных проявлениях хр. Малдынырд присутствуют глиноземистые диаспорсодержащие породы, образованные по первично осадочному субстрату. Ассоциация пирофиллит-диаспор (бёмит)-хлорит является в них метаморфогенной, скорее всего, дорудной, наложенной на глиноземистые отложения. Ассоциация бёмит-хлорит присутствует и в серых оолитовых бокситах Серпиевского бокситового проявления морского происхождения [2]. Более поздними являются ассоциации кварц-пирофиллит-серицит, кварц-серицит-каолинит, наложенные на породы в процессе тектонических преобразований и гидротермальной проработки. Отмечено, что на Гайском месторождении пирофиллит замещает диаспор [12]. Более поздние пирофиллит и каолинит развиваются здесь по тектоническим трещинам. В породах хр. Малдынырд возможна более поздняя ассоциация кварц-пирофиллит-диаспор, которая развивается в жилах и прожилках. В породах, подвергшихся кислотному выщелачиванию, присутствуют метасоматические ассоциации кварц-пирофиллит, кварц-пирофиллит-серицит, кварц-пирофиллит-серицит-каолинит, кварц-алунит-пирофиллит-серицит-каолинит. В зонах высокой активности кислорода и приповерхностных условиях возможно образование более поздних низкотемпературных глиноземистых минеральных ассоциаций с алунитом, каолинитом (месторождение Сафьяновка).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бардоши Д. Карстовые бокситы. М: Мир, 1981. 450 с.
2. Большун Г.А., Федоров Н.В. Структурное положение и возраст девонских бокситов западного склона Урала // Бокситы и бокситоносные отложения Урала. Св.: Изд-во УНЦ АН СССР, 1981. С. 17-30.
3. Козырева И.В., Юдович Я.Э., Швецова И.В. и др. Глиноземистые и железистые породы Приполярного Урала. Екатеринбург: Изд-во УрО РАН, 2003. 102 с.
4. Коротеев В.А., Огородников В.Н., Войтеховский Ю.Л. и др. Небокситовое алюминиевое сырье России. Екатеринбург: Изд-во УрО РАН, 2011. 227 с.
5. Леонова Л.В., Галеев А.А., Королев Э.А. и др. Парамагнитные свойства фосфатных органогенных остатков // Спектроскопия, рентгенография и кристаллохимия минералов. Казань: Изд-во «Плутон», 2005. С. 134-136.
6. Логинов В.П. Алюмосилицилаты Кабанского колчеданного месторождения // Тр. ИГН. 1951. Вып. 134. № 15. С. 1-126.

7. Михайлов Б.М. Классификация глиноземных пород // Бокситы и другие руды алюминиевой промышленности. М.: Наука, 1988. С. 14 - 24.
8. Молошаг В.П., Сорока Е.И., Гуляева Т.Я. и др. Глиноземистые породы Сафьяновского колчеданного месторождения, Ср. Урал // Информ. сб. ИГГ УрО РАН. Екатеринбург: Изд-во УрО РАН, 2006. С. 92-95.
9. Синяковская И.В., Зайков В.В. Пирофиллитовое сырье месторождения Куль-Юрт-Тау. Екатеринбург: Изд-во УрО РАН, 2010. 154 с.
10. Сорока Е.И. Высокоглиноземистые породы хр. Малдынырд, Приполярный Урал. Екатеринбург: Изд-во УрО РАН, 2009. 84 с.
11. Сорока Е.И., Леонова Л.В., Галеев А.А. и др. Свойства ЭПР органической составляющей некоторых высокоглиноземистых пород Урала // Литосфера. 2007. № 4. С. 127-129.
12. Удачин В.Н. Пирофиллитсодержащие метасоматиты Гайского медно-колчеданного месторождения: геология, минералогия, технология. Препр. Свердловск: Изд-во УрО АН СССР, 1990. 59 с.

ГЕОЛОГО-ГЕОФИЗИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ЗЕМНОЙ КОРЫ СЕВЕРНОЙ ЧАСТИ БЕЛОМОРСКОЙ ПРОВИНЦИЙ БАЛТИЙСКОГО ЩИТА: АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ СЕЙСМИЧЕСКОГО ПРОФИЛИРОВАНИЯ НА ОТРЕЗКЕ КАНДАЛАКША-КЕМЬ

Шаров Н.В., Слабунов А.И.

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

Беломорская провинция (БП) Фенноскандинавского щита – пример неоархейского коллизионного орогена, земная кора которого претерпела, кроме того, преобразования в ходе раннепротерозойского рифтогенеза и последующей коллизии [2, 8]. Такая эволюция подразумевает ведущую роль покровной тектоники при формировании ее структуры. Имеющиеся геологические материалы подтверждают это [4]. Создание геолого-геофизической модели земной коры региона является хорошим тестом этой геодинамической гипотезы. В рамках такого тестирования проведен комплексный анализ хорошо известных данных глубинных сейсмических исследований ОГТ, ГСЗ [5, 6, 12] и оригинальных – сейсмотомографических по геотраверсу 1-ЕВ на отрезке Кандалакша-Кемь на границе Карелия и Мурманской обл. Этот отрезок геофизического геотраверса 1-ЕВ пересекает центральную и северную части БП Фенноскандинавского щита под косым углом по отношению к главным структурным элементам (рис. 1) [1, 3, 11].

Разработанные в «Севморгео» и «Невскгеология» средства и новые интерпретационные системы, включающие сейсмотомографию и построение сейсмических изображений глубинных границ, позволили максимальным образом использовать огромный экспериментальный материал для детального изучения структуры земной коры (рис. 2) [6, 10, 11].

Полученные данные указывают на значительные вариации скоростных характеристик пород в верхней части средней коры до 12-15 км. Отчетливо выделяется 5 сегментов (рис. 2 Б), отличающихся по вариациям скоростей волн. В северной части профиля на отрезке 400-450 км происходит постепенное уменьшение средних скоростей прохождения волн в среде, на отрезке 450-500 км разрез характеризуется относительно высокими скоростями волн в верхней части средней коры, в то время как с ним сопряжен участок 500-550 км с наиболее низкими скоростями. Особенно контрасты два отрезка профиля в южной части: первый – 550-600 км – характеризуется параметрами, близкими к предыдущему, но с наличием на глубине 2-3 км среды с повышенными скоростями, второй – 600-650 км – отличается наиболее высокими средними скоростями среды и резкой инвертированной границей с предыдущим блоком. В результате интерпретации результатов многоволновых сейсмических исследований МОВЗ-ГСЗ изучено строение земной коры БП вдоль геотраверса 1-ЕВ (рис. 2 А).

Глубинное строение коры закономерно меняется вдоль профиля: выделяются 3 сегмента, характеризующиеся различными скоростными и структурными параметрами. В северном (Енском) сегменте мощность коры несколько больше – 40-42 км, в Центральном (северная часть Чупинского) происходит небольшой подъемом поверхности М в южном направлении от 42 до 40 км и сокращение нижней коры с 10 до 8 км; в южном (Керетьском) сегменте мощность коры остается постоянной – около 40 км. Сейсмогеологическая модель земной коры по профилю Кандалакша-Кемь (рис. 2 А) построен на основе синтеза всех геологических и геофизических материалов и с учетом последних данных по фрагменту сейсмического профиля МОГТ и ГСЗ-МОВЗ. Земная кора БП мощностью 40-42 км имеет трехслойное строение.

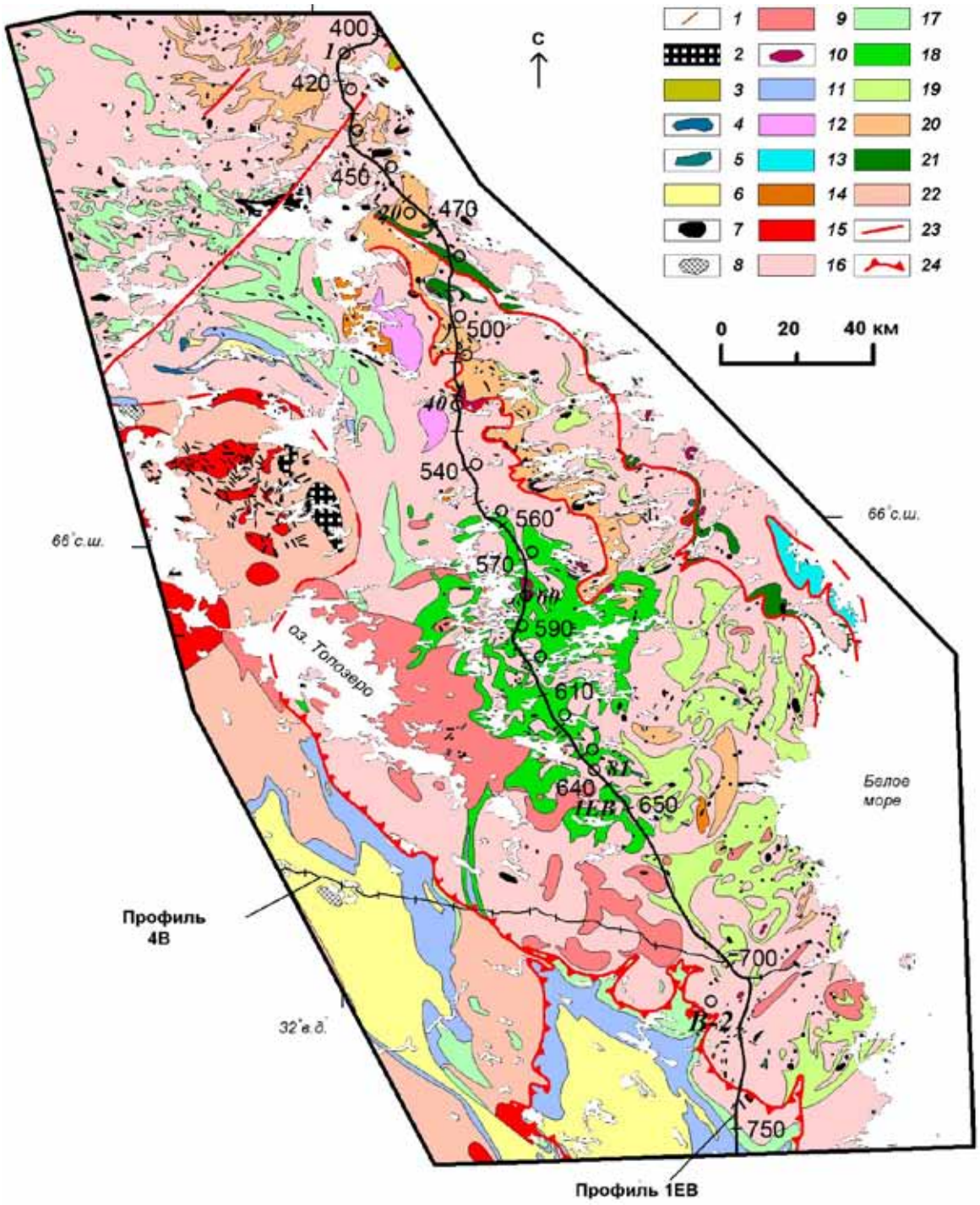


Рис. 1. Схема геологического строения [1, 8] и расположения сейсмических профилей МОГТ, ГСЗ источников, приемников на СВ Карелии. 1 – палеозойские щелочные интрузии и ареал распространения комплекса; 2 – поля кимберлитов; 3, 4 – палеозойские и неопротерозойские осадочные образования: 3 – на суше, 4 – в палеорифте Белого моря; 5-10 – палеопротерозойские образования: 5 – умбинский гранулитовый (парагранулиты, эндербиты) комплекс; 8 – гранитогнейсы и метавулканиты Терского террейна; 7 – осадочные и вулканогенные образования Имандра-Варзугского пояса; 8 – гранитоиды (а – Топозерский комплекс метачарнокитов Беломорской провинции, б – Нуоруненского типа Карельской провинции); 9 – интрузии основного-ультраосновного состава, в т. ч. расслоенные (а – крупные, б – вне масштаба); 10 – коровые эклогиты (а – неоархейские, б – палеопротерозойские); 11 – колвицкий меланж (с тектоническими пластинами архейских гранитогнейсов); 12 – тектоническая смесь палеопротерозойских мафических и неоархейских гранитогнейсовых комплексов стрельнинского террейна, 13-19 – архейские образования: 13 – гранулитовые комплексы; 14 – комплекс высокомагнезиальных диорит-гранодиоритов (санукитоидов) (а – крупные, б – вне масштаба); 15, 16 – неоархейские гранитоиды ТТГ ассоциации: 15 – карельского кратона и сосновского террейна, 16 – переработанные в палеопротерозое; 17 – мезо- и неоархейские зеленокаменные комплексы, 18, 19 – мезоархейские образования: 18 – парагнейсы; 19 – офиолитоиды; 20 – мезо- и неоархейские гранитоиды ТТГ ассоциации; 21 – рифты Белого моря; 22 – надвиги, 23 – разломы; 24 – предполагаемые разломы.

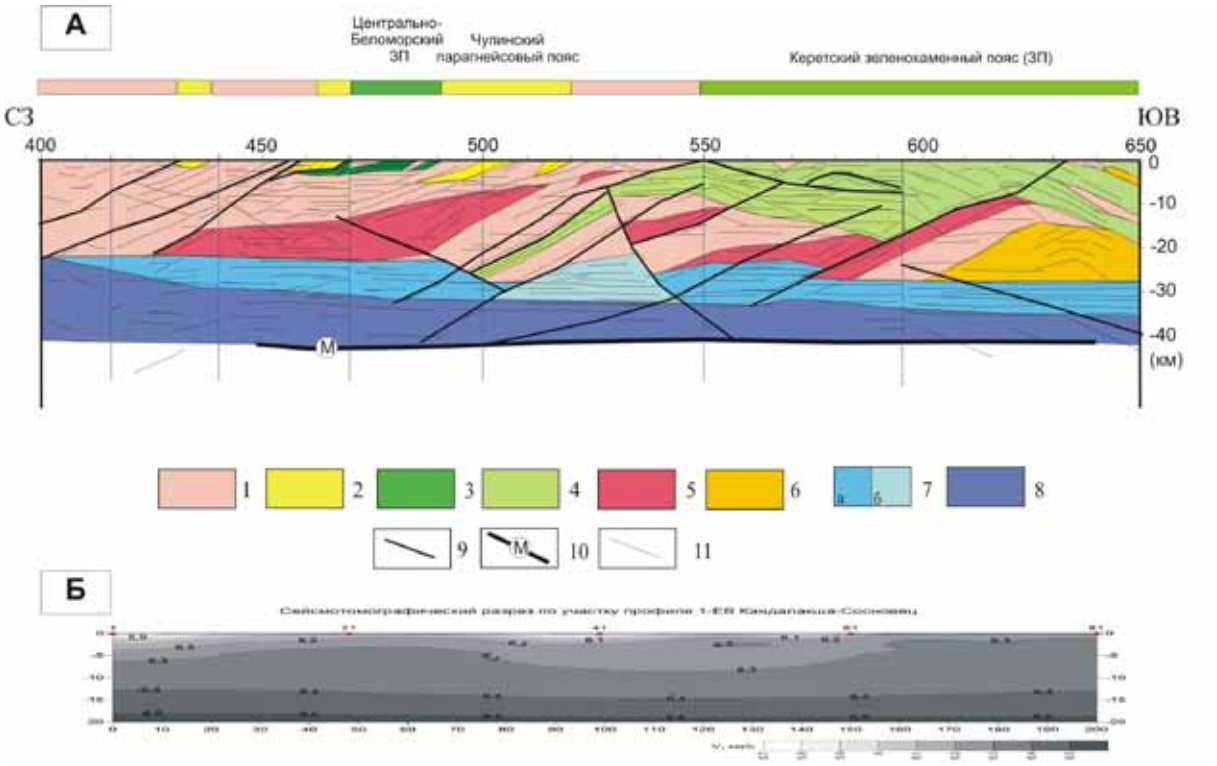


Рис. 2. Гелого-геофизические материалы по профилю Кандалакша-Кемь. А. Геолого-геофизическая модель земной коры по профилю Кандалакша-Кемь [11]. 1-5 – позднеархейские: 1 – гранито-гнейсы (преимущественно ТТГ), 2 – парагнейсы чупинского пояса; 3 – амфиболиты и ультрамафиты (офиолиты); 4 – зеленокаменный комплекс; 5 – гранулит-эндербит-чарнокитовый комплекс; 6 – раннепротерозойские гранулиты (чарнокиты); 7 – нижнекоровые с мночисленными горизонтальными отражающими поверхностями относительно высокоскростные (а), относительно низкоскоростые (б); 8 – нижнекоровые породы; 9 – разломы; 10 – граница Мохо; 11 – сейсмоотражающие поверхности. Б. Сейсмотомографический разрез по профилю Кандалакша-Сосновец [11].

Значимая корреляция геологического строения на поверхности и глубинной структуры прослеживается до глубин 20-25 км.

Керетьский зеленокаменный пояс, выходящий на поверхность на отрезке 550-650 км, прослеживается до глубины 20 км. Он состоит из трех сейсмически контрастных толщ: метбазальт-коматиитовой (амфиболиты, актинолит-тремолитовые сланцы), метаандезит-дацитовой (амфибол-биотитовые гнейсы) и метабальтовой (амфиболиты с прослоями кианит-гранат-биотитовых гнейсов), отчетливо прослеживающихся на профиле МОГТ. Границы между толщами тектонические, что установлено методами геологического картирования [7], это видно на сейсмическом профиле. Наиболее полные стратотектонические разрезы Керетьского пояса установлены в Ногтерозерской и Майозерской структурах, которые пересекаются профилем на участке 590-620 км. Зеленокаменный комплекс подстилается тоналито-гнейсами и, вероятно, гранулитами (гранулит-эндербит-чарнокитовый комплекс). На профиле МОГТ ниже сейсмически контрастного с многочисленными отражающими площадками комплекса наблюдается более однородный. Гранулиты могут обеспечивать наблюдаемое увеличение скоростных характеристик коры.

Некоторые неоднородности среды на сейсмотомографическом профиле, например, в районе 560 км на глубине 2-3 км, могут быть связаны с раннепротерозойской интузией комплекса лерцолитов-габброноритов. В районе 520 км профиля находится важная граница между чупинским поясом, сложенным парагнейсами, и Керетьской гранит-зеленокаменной системой. Она является тектонической и отчетливо прослеживается до глубины 5 км. По мере углубления выполаживается до горизонтальной, что очевидно, т.к. профиль пересекает ее под углом около 30º. Сходное проявление на профиле (480-490 км) имеет и тектоническая граница между чупинским и серякским офилитоподобным комплексами [8].

Важную роль в формировании структуры коры имеют субширотные разломы, погружающиеся на север, которые хорошо дешифрируются на космических снимках [8, 9]. Многие прослеживаются до мантии. Эта система разломов является отражением палеопротерозойской коллизионной динамики. Она обе-

спечили подъем на более высокие уровни средней коры гранулит-эндербит-чарнокитовых комплексов, например, нотозерского в районе 530 км профиля, и погружение на среднекоровые уровни образований Керетьского пояса в районе 540-550 км. Нижняя кора представляет собой среду с высокой концентрацией сейсмоотражающих поверхностей, которые могут формироваться за счет интенсивного рассланцевания.

Полученные сейсмические данные на профиле Кандалакша-Кемь показывают, что между собой хорошо согласуются данные МОГТ, ГСЗ-МОВЗ и сейсмотомографические. Мощность коры в пределах профиля составляет 40-42 км, она имеет трехчленное строение. До глубины 25-25 км устанавливается отчетливая корреляция данных геологического строения на поверхности и глубинным строением. Отмечается ведущая роль горизонтальных или полозалегающих сейсмоотражающих поверхностей, что хорошо согласуется с представлениями о ведущей роли покровной тектоники при формировании структуры земной коры БП в ходе коллизионных процессах в неоархее и палеопротерозое [2, 4, 8].

Работа выполняется при поддержке РФФИ, грант 11-05-00168-а.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Геологическая карта Кольского региона в масштабе 1:500000 / Ред. Ф.П. Митрофанов. Апатиты: Изд-во ГИ КНЦ РАН, 1996.
2. Глебовицкий В.А., Миллер Ю.В., Другова Г.М. и др. Структура и метаморфизм Беломорско-Лапландской коллизионной зоны // Геотектоника. 1996. № 1. С. 53-63.
3. Глубинное строение и сейсмичность Карельского региона и его обрамления / Ред. Н.В. Шаров. Петрозаводск: Изд-во КарНЦ РАН, 2004. 353 с.
4. Миллер Ю.В., Милькевич Р.И. Покровно-складчатая структура Беломорской зоны и ее соотношение с Карельской гранит-зеленокаменной областью // Геотектоника. 1996. № 1. С. 63-75.
5. Минц М.В., Сулейманов А.К. и др. Глубинное строение, эволюция и полезные ископаемые раннедокембрийского фундамента Вост.-Европейской платформы. Интерпретация материалов по опорному профилю 1-ЕВ, профилям 4В и Татсейс. Т. 1. М.: Геокарт, Геос, 2010. 408 с.
6. Сейсмогеологическая модель литосферы Сев. Европы: Баренц регион. Ч. I – 237 с., Ч. II – 250 с./ Ред. Ф.П. Митрофанов, Н.В. Шаров. Апатиты: Изд-во КНЦ РАН, 1998.
7. Слабунов А.И. Верхнеархейская Керетьская гранит-зеленокаменная система Карелия // Геотектоника. 1993. № 5. С. 61-74.
8. Слабунов А.И. Геология и геодинамика архейских подвижных поясов на примере Беломорской провинции Феноскандинавского щита. Петрозаводск: Изд-во КарНЦ РАН, 2008. 296 с.
9. Сыстра Ю.Й. Тектоника карельского региона. СПб.: Наука, 1991. 176 с.
10. Шаров Н.В., Слабунов А.И., Исанина Э.В. и др. Сейсмогеологический разрез земной коры по профилю ГСЗ-ОГТ «Суша-море» Калевала-Кемь-горло Белого моря // Геофиз. журнал. 2010. Т. 32. № 5. С. 21-34.
11. Шаров Н.В., Слабунов А.И., Исанина Э.В. и др. Сейсмогеологический разрез земной коры Сев. Карелии по профилю Кандалакша-Кемь // Геофиз. журнал. 2012. № 3. В печати.
12. Ясюлевич Н.Н., Золотов Е.Е., Ракитов В.А. и др. Сейсмологический разрез земной коры Сев. Карелии по профилю 1-ЕВ, уч. Кандалакша-Лоухи-Кемь // Геофизика XXI столетия: 2001 г. Тр. III геофиз. чтений им. В.В. Федынского. М: Изд-во «Научный мир», 2001. С. 60-63.

Общая и генетическая минералогия

НОВЫЕ ПОСТУПЛЕНИЯ В МУЗЕЙ ГЕОЛОГИИ И МИНЕРАЛОГИИ ИМ. И.В. БЕЛЬКОВА ГЕОЛОГИЧЕСКОГО ИНСТИТУТА КНЦ РАН В 2011 г.

Борисова В.В., Волошин А.В.

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

Успешное развитие музея во многом определяется новыми поступлениями редких, новых, впервые обнаруженных и просто красочных минералов Кольского п-ова, а также пород и руд. В 2011 г. в коллекцию музея поступило 240 образцов минералов, руд и горных пород, из которых 100 зарегистрированы в основном музейном фонде и 140 – в научно-вспомогательном. Из новых поступлений 83 образца с наиболее красочными, а также новыми и редкими минералами выставлены в экспозиции: эдгарит, лукасит-(Ce), хлорбартонит, эльпидит, астрофиллит, аметист, виллиомит, кианит, титанит, канкринит, натролит, ставролит, бобьерит, апофиллит, гётит, энигматит, эвдиалит, арфведсонит, гранат, вермикулит и др. Поступление минералов по отдельным районам позволило впервые за многие годы оформить новые постоянно действующие экспозиции.

В пополнении коллекции музея активное участие принимали сотрудники Геологического института: Ю.Л. Войтеховский, Т.В. Рундквист, В.Н. Яковенчук, Г.Ю. Иванюк, Ю.Н. Нерадовский, Ю.П. Меньшиков, С.В. Икорский, А.К. Шпаченко, С.М. Карпов, С.В. Мудрук, В.К. Каржавин и В.Ю. Калачёв. Большая часть образцов передана ими после летних экспедиционных работ, другие переданы в дар. Интереснейшие образцы поступили от сотрудников других организаций – И.С. Красоткина (г. Апатиты), Н.И. Фришмана (г. Москва) и студента 6 курса Н.Н. Жукова (МГУ, г. Москва).

Все поступления в основной фонд музея можно объединить в группы: 1) новые и редкие минеральные виды Кольского п-ова; 2) коллекция минералов Хибинского и Ловозёрского щелочных массивов; 4) коллекция минералов Ковдорского массива; 5) коллекция минералов Кейв; 6) коллекция минералов месторождений и рудопроявлений основных и ультраосновных пород; 7) коллекция минералов других геологических объектов.

Новые и редкие минеральные виды Кольского п-ова. Эдгарит – сульфид Nb и Fe, обнаружен в фенитизированном ксенолите гнейса среди нефелиновых сиенитов г. Каскасньюнчорр в Хибинском массиве. Минерал открыт авторским коллективом: А.Ю. Барковым, Р.Ф. Мартином, Ю.П. Меньшиковым, Е.Э. Савченко, Ю. Тибальтом и К.В.О. Лайоки, название получил в память Алана Д. Эдгара (1935-1998) – профессора петрологии, специалиста в изучении щелочных пород. Образец с эдгаритом – первое поступление в музей, передан Ю.П. Меньшиковым.

Хлорбартонит – хлорсодержащий сульфид K и Fe, обнаружен в щелочном пегматите Восточного рудника (г. Коашва) Хибинского массива. Название получил по присутствию Cl в бартоните. Это второе поступление образца с хлорбартонитом в музей. Передан одним из авторов открытия В.Н. Яковенчуком.

Лукасит-(Ce) – гидроксид Ti и Ce, обнаружен в натролитизированных микроклин-эгирин-содалитовых жилах в ортоклазсодержащих уртитах г. Коашва Хибинского массива с минералами группы иванюкита. Это первая находка на Кольском п-ове и вторая в мире. Образец передан одним из авторов В.Н. Яковенчуком.

Коллекция минералов Хибинского и Ловозерского щелочных массивов. За прошедший год коллекция минералов Хибинского массива пополнилась красивейшими минералами музейной значимости, среди них два красочных образца с крупными «звёздами» астрофиллита с руч. Свинцового и Астрофиллитового (приток р. Вуоннемийок) (рис. 1), которые поступили в музей от Ю.Л. Войтеховского и А.К. Шпаченко. (Уникальный по нынешним временам образец, показанный на рис. 1, приобретен за деньги Кольского отделения РМО у частного лица и передан музею в дар. – *Ред.*)

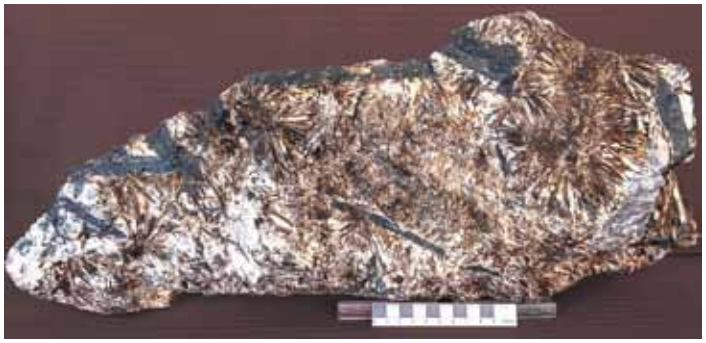


Рис. 1. Астрофиллит. Хибинский массив, южный склон г. Эвеслогчорр, руч. Астрофиллитовый.

Ю.Л. Войтеховским, кроме того, были переданы образцы с красивейшим розовым радиально-лучистым титанитом с пика Марченко (рис. 2 а, образец выкуплен у частного лица, намеревавшегося

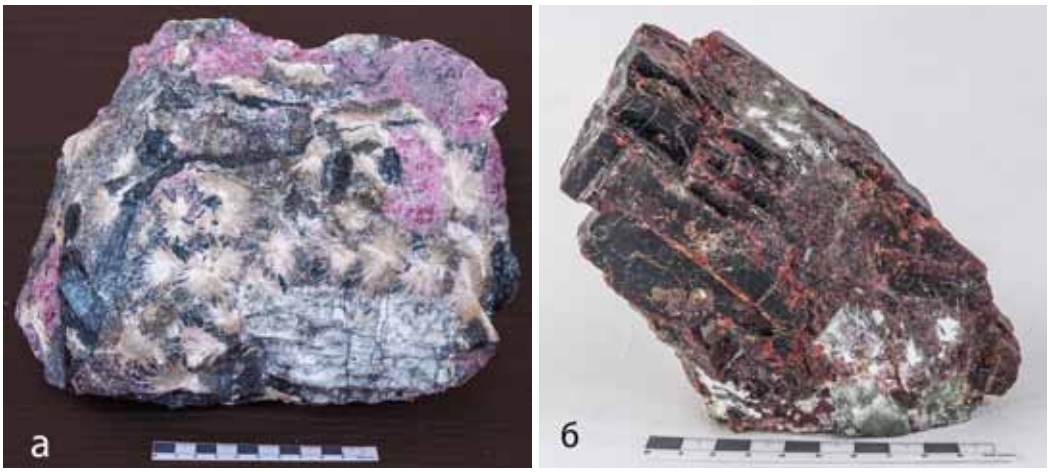


Рис. 2. Хибинский массив: а – розовый титанит (пик Марченко), б – виллиомит (Восточный рудник).

распилить его на мелкие сувениры. – *Ред*.), жёлтым канкринитом (г. Ньоркпахк), длинными кристаллами титанита светло-коричневой окраски (пик Марченко), крупными призматическими кристаллами чёрного арфведсонита (перевал Зап. Петрелиус) и кристаллами эвдиалита в пегматите.

Экспозицию музея, несомненно, украсил крупный образец тёмно-красного виллиомита с Восточного рудника (А.К. Шпаченко, рис. 2б). (Образец куплен на ежегодной выставке «Каменный цветок» на деньги Кольского отделения РМО и подарен музею. – *Ред*.)

В.Н. Яковенчук и Г.Ю. Иванюк пополнили коллекцию музея образцами с мелкими «звёздочками» астрофиллита в альбите (г. Кукисвумчорр) и радиально-лучистыми агрегатами красновато-коричневого нормандита (г. Партомчорр).

Интереснейший образец с эвдиалитом в оторочке цирсиналита (г. Коашва) передал С.В. Икорский. Ранее в коллекции музея имелись образцы с эвдиалитом в оторочке умбита и терскита. Также от него поступил крупный красочный образец с белыми непрозрачными шестоватыми кристаллами натролита с г. Эвеслогчорр.

Рис. 3. Эльпидит. Ловозёрский массив, г. Аллуайв.

Коллекция «хибинских» минералов пополнилась образцами с молибденитом (г. Тахтарвумчорр) и прозрачными кристаллами натролита (г. Эвеслогчорр) от И.С. Красоткина.

Н.И. Фришман подарил музею оригинальный образец с псевдоморфозой лоренценита по лампрофиллиту (долина Гакмана).

В основном фонде зарегистрирован только один, но редкий и интересный минерал Ловозёрского массива – эльпидит. Он найден И.П. Тихоненковым и Е.И. Семёновым в 1949 г. в полостях альбитовых зон в двух пегматитах – сначала на г. Куфтньюн, затем на г. Аллуайв. Эльпидит – натриевый цирконосиликат. Минерал образует бесцветные и белые игольчатые и удлиненно-призматические кристаллы, радиально-лучистые сростки. Образец с эльпидитом с г. Аллуайв (рис. 3) в музей передал И.С. Красоткин.

Коллекция минералов Кейв. После завершения исследований агрегатов гётита с уникального проявления «Железная шляпа» хр. Серповидного в Зап. Кейвах С.В. Мудруком передана в музей коллекция различных морфологических типов гётитов из 134 образцов, из них 40 оформлены в основной научный фонд. Сотрудники музея изыскали возможность сделать для коллекции отдельную, постоянно действующую экспозицию под названием «Гётитовая кора выветривания «Железная шляпа», Зап. Кейвы, хр. Серповидный».

Музейную коллекцию минералов Кейв дополнил оригинальный образец с серым и белым кианитом (В.К. Каржавин) и образец с кристаллами альбита с Ровгоры (Ю.Л. Войтеховский). Петрографическую

коллекцию Кейв украсил образец слюдяных сланцев с порфиробластами ставролита (рис. 4), переданный В.Ю. Калачёвым. Из научно-вспомогательного в основной фонд переведен 1 образец с гигантскими кристаллами граната с г. Берёзовая-2 (Ю.Л. Войтеховский), который сейчас украшает Выставочный зал музея, а также 3 образца с параморфозами кианита по андалузиту (хиастолиту) из старых коллекций института.

Рис. 4. Ставролитовый сланец. Кейвы, Семиостровье.

Коллекция минералов Ковдорского массива. Красочный образец со сферолитами бледно-голубых кристаллов бобьерита с Железорудного карьера Ковдорского месторождения передан в музей В.Н. Яковенчуком и Г.Ю. Иванюком, а И.С. Красоткин передал образец с штаффелитом (карбонат-апатитом) бирюзовой окраски.

Коллекция минералов месторождений и рудопроявлений основных и ультраосновных пород. Т.В. Рункви́ст пополнила коллекцию пород с платинометальным оруденением образцом метагаббронорита с Восточно-Панского массива, уч. Предгорный. В нём содержится до 3 г/т ЭПГ. От неё же поступил образец с кристаллами белого, прозрачного апофиллита в габбронорите (Мончеплутон, массив Нюд-Поаз). Ю.Н. Нерадовский передал в коллекцию музея образец с платинометальной рудой в лейкогаббро г. Вурэчуайвенч (Мончеплутон) и образцы брекчиевидной сульфидной Cu-Ni руды с рудника «Северный глубокий» (Печенга). Это первое поступление образцов с этого недавно открытого рудника.

Впервые появились в музее образцы миндалекаменных метабазальтов с медно-сульфидной минерализацией Имандра-Варзугской структуры (участок «33 км»), переданных после изучения С.М. Карповым.

Коллекция минералов других геологических объектов. В Геологическом институте КНЦ РАН продолжаются работы по изучению золоторудных объектов Кольского п-ова и Сев. Карелии. В результате полевых работ прошлого года на Ю. Печенге (участок оз. Пороярви) С.М. Карповым изучены образцы с самородным Au в кварце в доломит-хлоритовых сланцах. После изучения один из образцов с самородным Au передан им в музей и демонстрируется в систематической коллекции.

Красочный, крупный, 45×36×17 см, образец аметиста с Мыса Корабль Белого моря передан Ю.Л. Войтеховским.

Образец пегматита с чёрным турмалином (шерлом) с Териберки, г. Сэввер – первое поступление с этого участка, передан В.Ю. Калачёвым.

В 2011 г. Н.И. Фришманом обнаружено новое проявление кордиеритовых метасоматитов на Кольском п-ове, в дорожной выемке у 104 км дороги г. Кандалакша – пос. Умба. Он подарил музею 6 образцов из своей коллекции. Образцы представляют метасоматически изменённые гнейсы с мелкими зернами голубого кордиерита.

В 2011 г. коллекция научно-вспомогательного фонда пополнилась 140 образцами минералов и пород. Сотрудниками института и других организаций переданы следующие образцы: 34 образца с минералами Хибинского массива, Зап. Кейв, Вуориярви, вулканиты с медно-сульфидной минерализацией Имандра-Варзугской зоны, уч. «33 км» (Ю.Л. Войтеховский); 94 образца различных морфологических типов гётитов хр. Серповидного Зап. Кейв (С.М. Мудрук); образец эвдиалит-эгирин-полевошпатового пегматита с ломоносовитом, Ловозерский массив, г. Карнасурт (Т.В. Рундквист); 2 образца с астрофиллитом Хибинского массива (пик Марченко) и сплошной магнетитовой рудой Мончеплутона (И.С. Красоткин); штуф амазонитового пегматита из морены Панареченской структуры (А.К. Шпаченко); образец брекчиевидной сульфидной Cu-Ni руды Печенги, рудник «Северный глубокий» (Ю.Н. Нерадовский); образец с ломоносовитом Ловозерского массива, г. Карнасурт, жила «Юбилейная» (Ю.П. Меньшиков); 6 образцов нефелиновых сиенитов с эвдиалитом с Восточного рудника Хибинского массива (Н.Н. Жуков).

Сотрудники музея благодарят всех, кто способствует развитию старейшего на Кольском п-ове музея Геологического института КНЦ РАН, известного своими уникальными и интереснейшими коллекциями минералов не только в России, но и за её пределами.

МИНЕРАЛОГИЯ И УСЛОВИЯ ОБРАЗОВАНИЯ КОРУНДОВЫХ МЕТАСОМАТИТОВ МЕСТОРОЖДЕНИЯ СУТАРА

Буравлева С.Ю., Пахомова В.А.

Дальневосточный геологический институт ДВО РАН, Владивосток, s_buravleva@yahoo.com

Месторождения сапфира широко распространены в странах ЮВ Азии и Африки, в которых драгоценные камни составляют существенную часть валового национального дохода. В России корунды известны на Урале, в Красноярском крае и Челябинской области, а единственным месторождением ювелирных сапфиров с прогнозными ресурсами считается Незаметнинское в Приморском крае. Сведения о других дальневосточных проявлениях корундов весьма ограничены и противоречивы. Отсутствие четких представлений о генезисе корунда и процессах, приводящих к преобразованию корунда в ювелирные камни, является одной из причин сложившейся ситуации. В связи с возрастанием роли корундовых месторождений в горнорудной промышленности вопросы генезиса, минералогии и оценки перспектив слабо изученных объектов региона представляются актуальными. Нами в качестве объекта исследования выбрано россыпное месторождение Au с корундом Сутара (Еврейская АО) (рис. 1). Цель исследования – выявить геологические и петрологические особенности формирования корундовой минерализации, а также минералогические ассоциации и физико-химические параметры процесса образования корунда.

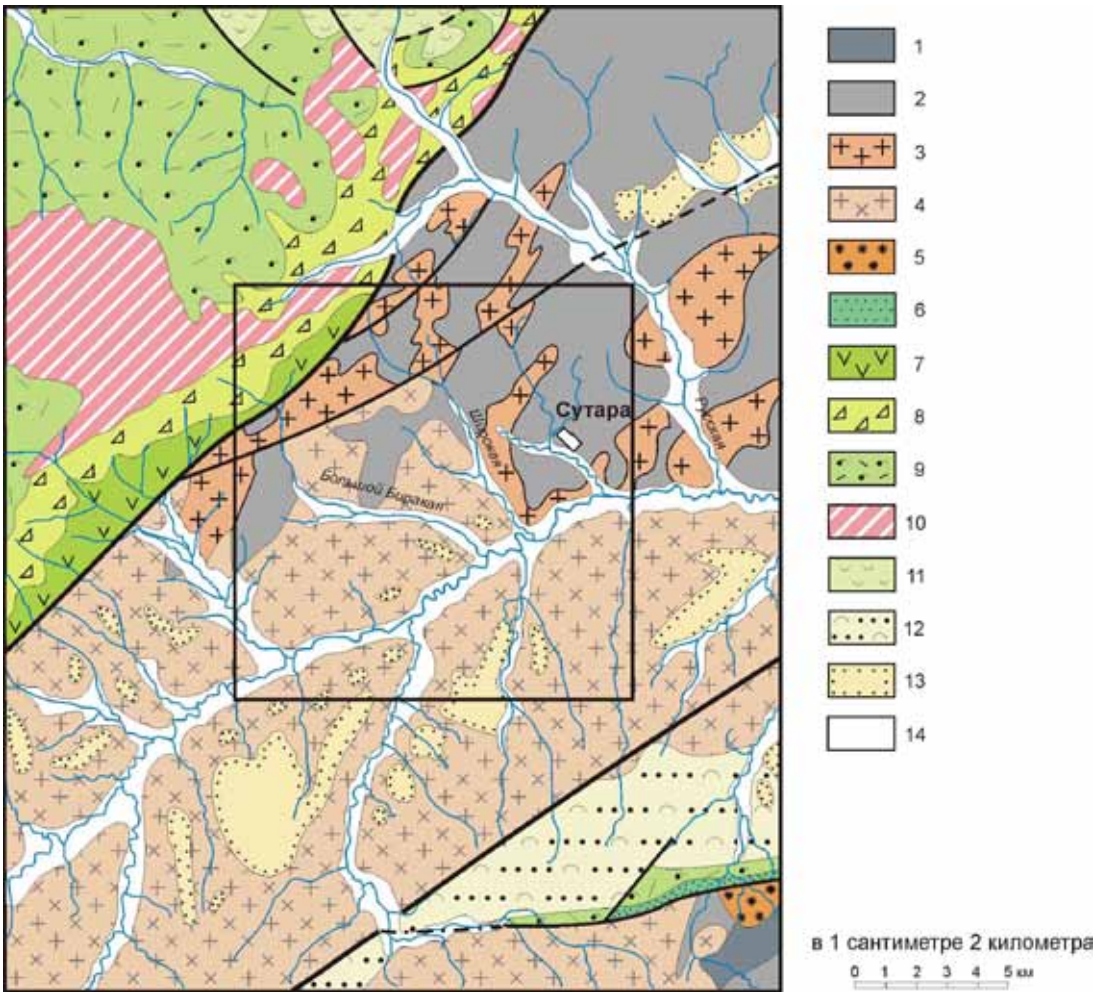


Рис. 1. Карта района исследования. 1 – ($Є_1$) известняки, иногда доломитистые, 2 – ($Є_1$) алевролиты, глинистые сланцы, песчаники и известняки, 3 – (О) двуслюдяные турмалинсодержащие лейкограниты, 4 – (C_{2-3}) гранодиориты, граниты и дайки пегматитов, 5 – (P_2-T_1) дайки субщелочных лейкогранитов, 6 – (K_1) песчаники, алевролиты и аргиллиты с прослоями каменных углей, 7 – (K_1) андезиты, их лавобрекчии и туфы, 8 – (K_1) туфы и туффиты риолитов, 9 – (K_2) игнимбриты риолитов, 10 – (K_2) дайки игнимбритов, 11 – (K_2) лавы и туфы риолитов, 12 – (K_2) песчаники, туфопесчаники, 13 – (N_2-Q_1) пески, глины, галечники 14 – (Q_{IV}) аллювиальные валунно-галечные отложения, глины, илы.

Район исследований является частью Малохинганского террейна, входящего в состав Буреинского супертеррейна [1]. Фундамент его сложен раннекембрийской кимканской толщей ($Є_1$km), сохранившейся после становления палеозойских интрузий. Породы представлены глинистыми сланцами и известняками, выходы которых присутствуют среди разновозрастных гранитоидов. Ордовикские двуслюдяные турмалинсодержащие лейкограниты (lγ3Ob) биробиджанского комплекса представляют собой апофизы неглубоко залегающих крупных массивов, сопровождающихся полями контактово-измененных пород. В экзоконтакте тел вмещающие породы хинганской серии пронизаны послойными и секущими жилами лейкогранитов, часто переходящих в аплитовидные и пегматоидные разности. Акцессорные минералы: апатит, циркон, гранат, ксенотим, монацит, магнетит, рутил, ортит, флюорит. В экзоконтакте интрузий биробиджанского комплекса породы хинганской серии ороговикованы. Здесь распространены ороговикованные алевролиты, песчаники, мраморизованные известняки кимканской толщи. Минеральные парагенезисы: кварц + биотит + кордиерит + турмалин + гранат и кварц + биотит + мусковит + андалузит ± гранат. В междуречье Широкая-Русская местами встречаются слюдяные сланцы, которые содержат силлиманит, кристаллический графит, гранат.

Коренные проявления корунда. В пределах Сутарской площади авторами установлены коренные выходы корундовых пород – марундитов (рис. 2). Карбонатные породы и кристаллические сланцы прорваны аляскитами. В контакте с гранитами карбонатные породы превращены в скарны, далее от контакта в рыхлую массу, богатую хлоритом, биотитом и тальком, которая на удалении от контакта сменяется серпентинитами и офикальцитами.

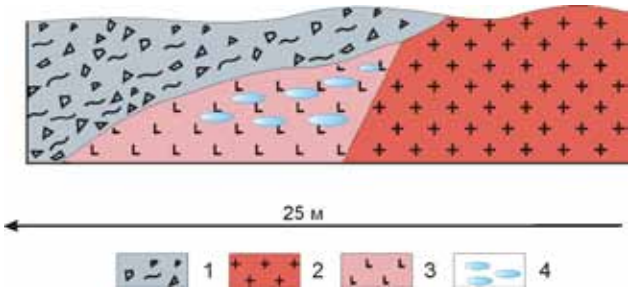


Рис. 2. 1 – карбонатные породы кимканской толщи (Є1km), 2 – двуслюдяные граниты (lγ3Ob, 3 – пегматиты (lγ3Ob), 4 – линзы марундитов.

Корундовая минерализация приурочена к контактовой части жилы пегматита с карбонатными породами. По структурным особенностям порода, выполняющая жилу, является переходной между среднезернистыми пегматитами и аплитами. Зональности в жиле не наблюдается. Пегматиты состоят из полевых шпатов, кварца и примеси мусковита в виде мелких чешуек. Минералогический состав пегматитов в шлифе под микроскопом представлен кислыми плагиоклазами, кварцем и калиевым полевым шпатом. Плагиоклазы, как правило, серицитизированы и образуют полисинтетические двойники.

Вблизи контакта с карбонатными породами пегматиты становятся бескварцевыми, в них появляются вначале единичные хорошо образованные дипирамидальные кристаллы корунда, затем около контакта в жиле появляются скопления корунда в виде небольших линзовидных тел размером 10-20 см, сложенных почти мономинеральной корундовой породой (рис. 3).

По минералогическому составу корундовые руды (марундиты) представлены маргаритом, диаспором, рутилом, вермикулитом и мусковитом, заполняющими промежутки между кристаллами корунда, которые имеют облик дипирамидальных и ромбоэдрических кристаллов, характерных для корундовых плагиоклазитов и марундитов. В шлифах они представлены идиоморфными формами шестиугольного и прямоугольного сечения, часто зонального строения и с полисинтетическим двойникованием. Кроме корундов, содержание которых составляет 70-90 %, в марундитах обнаружены апатит, циркон, рутил и шпинель.

Рис. 3. Марундит.

Корунд из россыпи. Корунд встречается в аллювиальных и делювиальных отложениях в бассейнах руч. Петровский и Михайло-Архангельский. Россыпные корунды размером до 3 см (рис. 4) имеют фиолетово-синий, серовато-синий, синий, пурпурный цвет. У некоторых наблюдается сильный плеохроизм. Встречены прозрачные, полупрозрачные и непрозрачные корунды. Окраска часто зональная, пятнистая.

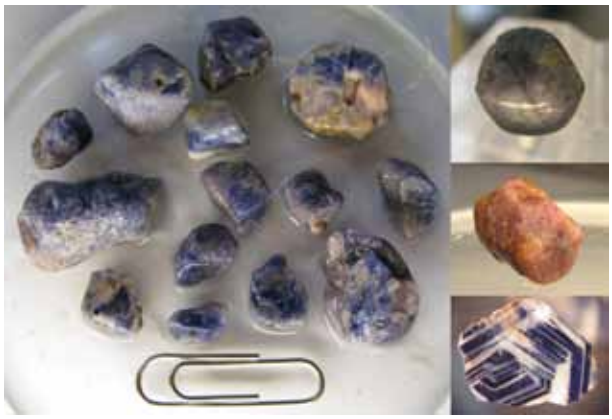


Рис. 4. Корунды из россыпи.

Включения в корундах представлены монацитом, ксенотимом, цирконом, рутилом, шпинелью. Включения шпинели и рутила сингенетичны с корундом (рис. 5), что подтверждается присутствием индукционных поверхностей, угнетенностью форм минеральных индивидов, характером срастания и особенностями расположения в корунде.

Зоны роста корунда пересекаются шлейфообразными скоплениями флюидных включений, возникших при залечивании трещин и являющихся вторичными. В их составе преобладают жидкие и газовые углекислотные, являющиеся индикатором метасоматических процессов при образовании корундов.

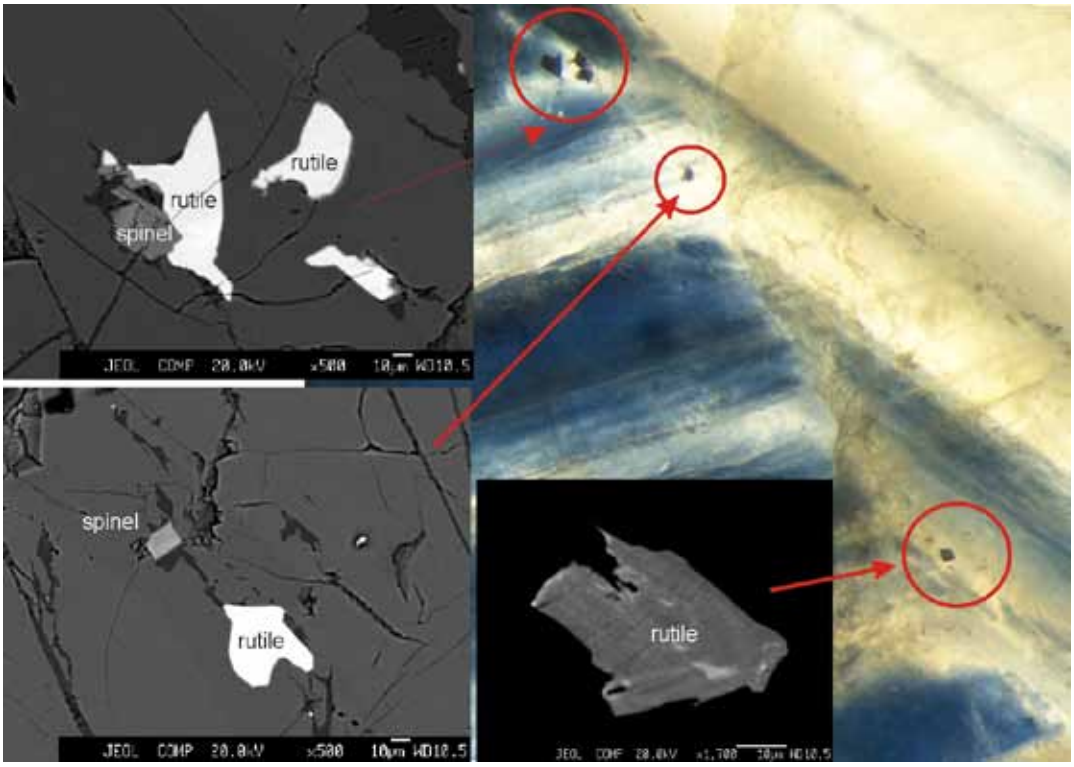


Рис. 5. Включения рутила и шпинели в корунде.

Обсуждение. Установлено, что образование минеральных ассоциаций, содержащих корунд, включает несколько стадий. Орто- и парапороды для марундитов представлены кристаллическими сланцами, содержащими силлиманит, кристаллический графит, гранат и обладают признаками глубокого метаморфизма. Ороговикованные алевролиты, песчаники, мраморизованные известняки, судя по слагающим их минеральным парагенезисам, (кварц + биотит + кордиерит + турмалин + гранат), метаморфизованы до амфибол-роговиковой фации. Из общетеоретических построений [5] и согласно петрогенетической схеме фаций контактового и регионального метаморфизма [3], наиболее вероятные термодинамические поля устойчивости выделяемых минеральных ассоциаций ограничены линиями температур 600-800 °С и давлений от первых сотен бар до 3-4 кбар.

Формирование минеральных ассоциаций с корундовой минерализацией происходило при участии высокоглиноземистых двуслюдяных турмалиновых гранитов, лейкогранитов и пегматитов. К продуктам взаимодействия минералов орто- и парапород в высокотемпературную метасоматическую стадию относятся корунд, основной плагиоклаз, флогопит в эндоконтакте корундовых проявлений и минералы скарновой ассоциации – форстерит и диопсид – в их экзоконтакте. Температура метасоматического процесса оценивается в 500-700 °С, давление до 3 кбар.

Полная десиликация лейкократовых гранитов с образованием марундитов на контакте жилы пегматита с карбонатными породами и кристаллическими сланцами является заключительной стадией биметасоматического процесса. Условия сосуществования минерального парагенезиса (маргарит, диаспор, рутил, вермикулит и мусковит, заполняющие промежутки между кристаллами корунда), определены по экспериментальным данным. Наиболее вероятный температурный интервал существования диаспора в ассоциации с корундом и шпинелью, которая представлена минеральными включениями в корунде из марундитов [2] – 405-365 °С. На основании изучения углекислотных включений в маргарите установлен диапазон давлений, при которых формировались корундовые породы. Он соответствует 0,8-1,5 кбар, что соответствует 470-720 °С [4]. Эти параметры соответствуют нижней границе формирования марундитов месторождения Сутара.

Работа выполнена при финансовой поддержке грант ДВО РАН, проект № 12-III-В-08-151.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Геодинамика, магматизм и металлогения Востока России. Кн. 1 / Ред. А.И. Ханчук. Владивосток: Изд-во «Дальнаука», 2006. С. 119-122.
2. Дир У.А., Хауи Р.А., Зусман Дж. Породообразующие минералы. Т.5. М.: Мир, 1966. 406 с.
3. Добрецов Н.Л., Ревердатто В.В., Соболев В.В. и др. Фации метаморфизма. М.: Недра, 1970. 432 с.
4. Россовский Л.Н. Условия образования рубина в мраморах // Геология рудных месторождений. 1982. № 2. С. 57-66.
5. Сизых А.И., Юденко М.А. Петрография метаморфических пород. Иркутск: Изд-во ИрГУ, 2007. 123 с.
6. Ициксон М.И. и др. Отчет о геолого-поисковых работах на корунд в Бирском р-не ЕАО Хабаровского края. Геологическое строение и корундовая минерализация района прииска Сутар. 1943.

ПРОСТЕЙШИЕ ПОЛИЭДРЫ С ЗАДАННОЙ КОМБИНАТОРНОЙ СИММЕТРИЕЙ

Войтеховский Ю.Л.

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

Труды акад. Е.С. Фёдорова составляют платформу современной кристаллографии. Казалось бы, они досконально изучены. Но в том и проявляется гениальность ученого, что по прошествии века обнаруживается нерастраченный ресурс его работ. Такова статья [4]. Правда, сам автор писал в предисловии: «Если я решаюсь теперь же предать ее опубликованию, то делаю это не потому, чтобы она представляла в моих глазах особое значение по своим приложениям; я делаю это потому, что недавнее появление книги известного немецкого математика Эбергардта “Zur Morphologie der Polyeder” может вызвать у многих лиц интерес к предмету и ряд новых исследований в этом направлении» [4, с. 241]. А в письме к П. Гроту от 6 декабря 1895 г. находим следующее замечание: «Работа о морфологии и систематике полиэдров ... имеет весьма ограниченный интерес для минералогов и кристаллографов, ибо она преследует чисто геометрические цели» [5, с. 68].

Анализируя аргументы против систематики по Эбергардту, в которой в один класс попадают полиэдры с числами разноименных граней, удовлетворяющими одному диофантову уравнению, убеждаемся, что акад. Е.С. Фёдоров вовсе не изменяет кристаллографическим пристрастиям. Именно поэтому он не согласен с тем, что в разные классы попадают кристаллографически родственные куб и октаэдр и, наоборот, в один класс попадают полиэдры, никогда не сочетающиеся в огранке одного минерала [1]. Он предложил не принцип систематики, а нечто большее – алгоритм генерирования полного комбинаторного многообразия выпуклых полиэдров из тетраэдра, обеспечивающий их генеалогическую систематику и сохранение кристаллографического родства. Сочетание кристаллографических и геометрических мотивов в алгоритме органично. Ведь притупления ребер новыми гранями, например, в соответствии с законом компликации В. Гольдшмидта – это классическая тема минералогической кристаллографии. С другой стороны, операций притупления в алгоритме ровно три, и они обеспечивают появление на полиэдре необходимых 3-, 4- и 5-угольных граней в силу известной геометрической теоремы.

В статье [4] акад. Е.С. Фёдоров вышел за пределы кристаллографии (хотя, строго говоря, основы математической кристаллографии в это время им же и закладывались) в область комбинаторной геометрии

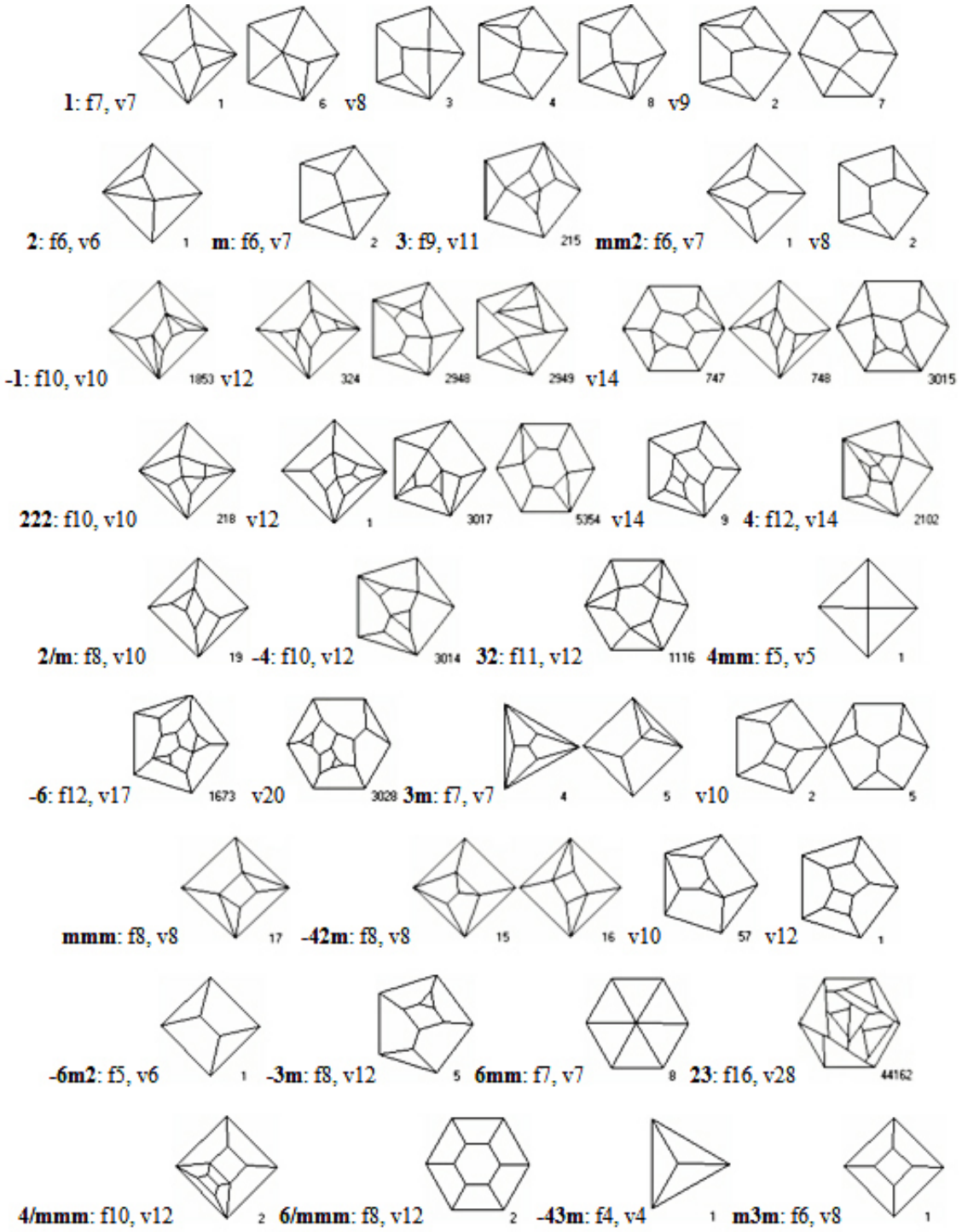


Рис. 1. Простейшие (с минимальным числом граней) выпуклые полиэдры с заданной точечной группой комбинаторной симметрии в проекции Шлегеля на одну из граней. f – число граней, v – вершин, справа от полиэдра показан его номер в каталогах [2, 3] при данных f и v.

выпуклых полиэдров, предложив корректный способ их рекуррентного перечисления. По сути, комбинаторная геометрия выпуклых полиэдров превращена им в «оболочку» минералогической кристаллографии со многими смысловыми связями между ними. После него никто не охватил единым рассмотрением два мира – кристаллических и абстрактных полиэдров. Уже на выведенных им 4- … 7- и простых 8- и 9-эдрах он заметил тенденцию к преобладанию комбинаторно асимметричных форм, что противоречило интуиции минералога. Возможно, этим и были стимулированы работы по изучению геометрии кристаллического пространства. Перечисление комбинаторных типов выпуклых полиэдров стало впоследствии важной математической задачей с приложениями в различных областях естествознания. Фёдоровский алгоритм ока-

зался замечательно приспособленным для компьютеризации. Благодаря ему удалось получить результаты, возвратившие – впервые после акад. Е.С. Фёдорова – приоритет российской науке в этой области [2, 3].

В каталогах [2, 3] даны изображения и характеристики (гранные символы, порядки групп автоморфизмов, точечные группы комбинаторной симметрии) всех выпуклых 4- … 12-эдров и простых (в каждой вершине сходятся ровно три грани) 13- … 16-эдров. Такое обилие информации порождает множество интересных задач, для которых современная комбинаторная теория выпуклых полиэдров не имеет решений. Одна из них состоит в следующем. Следуя акад. Е.С. Фёдорову, в [2, 3] каждый полиэдр описан точечной группой комбинаторной симметрии, т.е. точечной группой симметрии самого симметричного представителя в классе эквивалентности. (Так, точечная группа комбинаторной симметрии любого параллелепипеда соответствует точечной группе симметрии куба, любого тетраэдра – симметрии кубического тетраэдра.) Но если для всех 32 точечных групп симметрии известны полиэдрические представители – кристаллические полиэдры, то для их комбинаторных аналогов дело обстоит сложнее. На сегодня найдены простейшие (с наименьшим числом граней или – в силу дуального перехода, сохраняющего симметрию – вершин) полиэдры лишь для 24 «кристаллографических» классов комбинаторной симметрии: 1, 2, m, -1, 3, 222, mm2, 4, 2/m, -4, 32, -6, 3m, 4mm, mmm, -42m, -6m2, -3m, 6mm, 23, 4/mmm, 6/mmm, -43m, m3m (рис. 1). Найдены также простейшие полиэдры для 20 «некристаллографических» классов комбинаторной симметрии: 5m, 7m, -82m, 8mm, 9m, -10m2, -5m, 10mm, 11m, -12m2, -7m, -14m2, 8/mmm, -18m2, 10/mmm, -22m2, 12/mmm, -26m2, 14/mmm, -3-5m (в этой статье не рассматриваются).

Несоответствие лишь отчасти вызвано тем, что при переходе к описанию в терминах комбинаторной симметрии полиэдр может «уйти» в класс с более высокой симметрией. Будь это главной причиной, можно было бы ожидать отсутствия полиэдров в комбинаторных классах низших сингоний. Наоборот, они не найдены в комбинаторных классах средних и кубической сингоний: -3, 4/m, 422, 6, 6/m, 622, m3, 432. Итак, задача состоит в том, чтобы найти простейшие выпуклые полиэдры с заданной комбинаторной симметрией, в частности, в перечисленных восьми классах. Другими словами, нужно найти выпуклый n-эдр с заданной точечной группой комбинаторной симметрии для минимального n. Не очевидно, впрочем, что таковой должен существовать для любой точечной группой комбинаторной симметрии и некоторого n. Доказательство этого положения – ещё одна нерешённая задача.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Богомолов С.А. Классификация выпуклых многогранников по Фёдорову и Эбергардту // Зап. РМО. 1929. Ч. 58. С. 265-277.
2. Войтеховский Ю.Л., Степенщиков Д.Г. Комбинаторная кристалломорфология. Кн. IV. Выпуклые полиэдры. Т. I. 4- … 12-эдры. Апатиты: Изд-во КНЦ РАН, 2008. 833 с.
3. Войтеховский Ю.Л., Степенщиков Д.Г. Комбинаторная кристалломорфология. Кн. IV. Выпуклые полиэдры. Т. II. Простые 13- … 16-эдры. Апатиты: Изд-во КНЦ РАН, 2008. 828 с.
4. Фёдоров Е.С. Основания морфологии и систематики многогранников // Зап. Импер. С.-Петербург. минерал. об-ва. 1893. Ч. 30. С. 241-341.
5. Шафрановский И.И., Франк-Каменецкий В.А., Доливо-Добровольская Е.М. (Сост.) Евграф Степанович Фёдоров. Переписка. Неизданные и малоизвестные работы. Сер.: Научное наследство. Т. 16. Л.: Наука, 1991. 320 с.

ЧАСТИЧНО АНТИСИММЕТРИЧНЫЕ ПОЛИЭДРЫ

Войтеховский Ю.Л.

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

В 2012 г. исполнилось 125 лет со дня рождения акад. А.В. Шубникова, впервые нашедшего 58 точечных и 1651 пространственных групп антисимметрии [5]. В рамках развиваемой автором «комбинаторной кристалломорфологии» получен результат, добавляющий в теорию антисимметрии кристаллических полиэдров важную деталь.

В [6] определена «реальная» кристаллографическая простая форма как любой полиэдр, ограниченный гранями «идеальной» кристаллографической простой формы, находящимися в стандартной ориентации, но на произвольном расстоянии от начала координат. Реальные формы получаются из идеальных неза-

висимым движением граней вдоль нормалей. Комбинации реальных кристаллографических простых форм определяются очевидным образом. Если фиксировать реальные формы с точностью до комбинаторного типа, т.е. числа, вида и способа сочетания граней, то их перечисление для данной идеальной формы или комбинации форм становится разрешимой задачей. Результаты перечисления некоторых реальных простых форм и их комбинаций с помощью оригинальных алгоритмов и компьютерных программ изложены в [1-4].

Перенос грани полиэдра, не имеющего элементов симметрии 2-го рода, вдоль нормали через начало координат на то же расстояние иногда порождает форму, которую по отношению к исходной предлагается определить как «частично антисимметричную». Действительно, при параллельном переносе всех граней абстрактного (геометрического) полиэдра, не имеющего элементов симметрии 2-го рода, через начало координат на то же расстояние получается форма, энантиоморфная исходной. Та же процедура для кристаллического (телесного) полиэдра порождает антисимметричную форму, так как нормали, ранее ориентированные вовне, теперь ориентированы внутрь полиэдра. Из этого и следует, что перенос через начало координат лишь части граней полиэдра порождает частично антисимметричные формы. Метафорически ситуация выглядит так, как если бы в известном примере акад. А.В. Шубникова наизнанку выворачивалась не вся чёрно-белая перчатка, а лишь отдельные её пальцы [5].

На рисунке 1 показаны реальные тригональные бипирамиды. Упорядочение по порядкам групп автоморфизмов и точечным группам симметрии: 1 – 18 (1), 2 – 15 (2 – 8, m – 7), 4 – 2 (mm2, 222), 12 – 1 (-6m2).

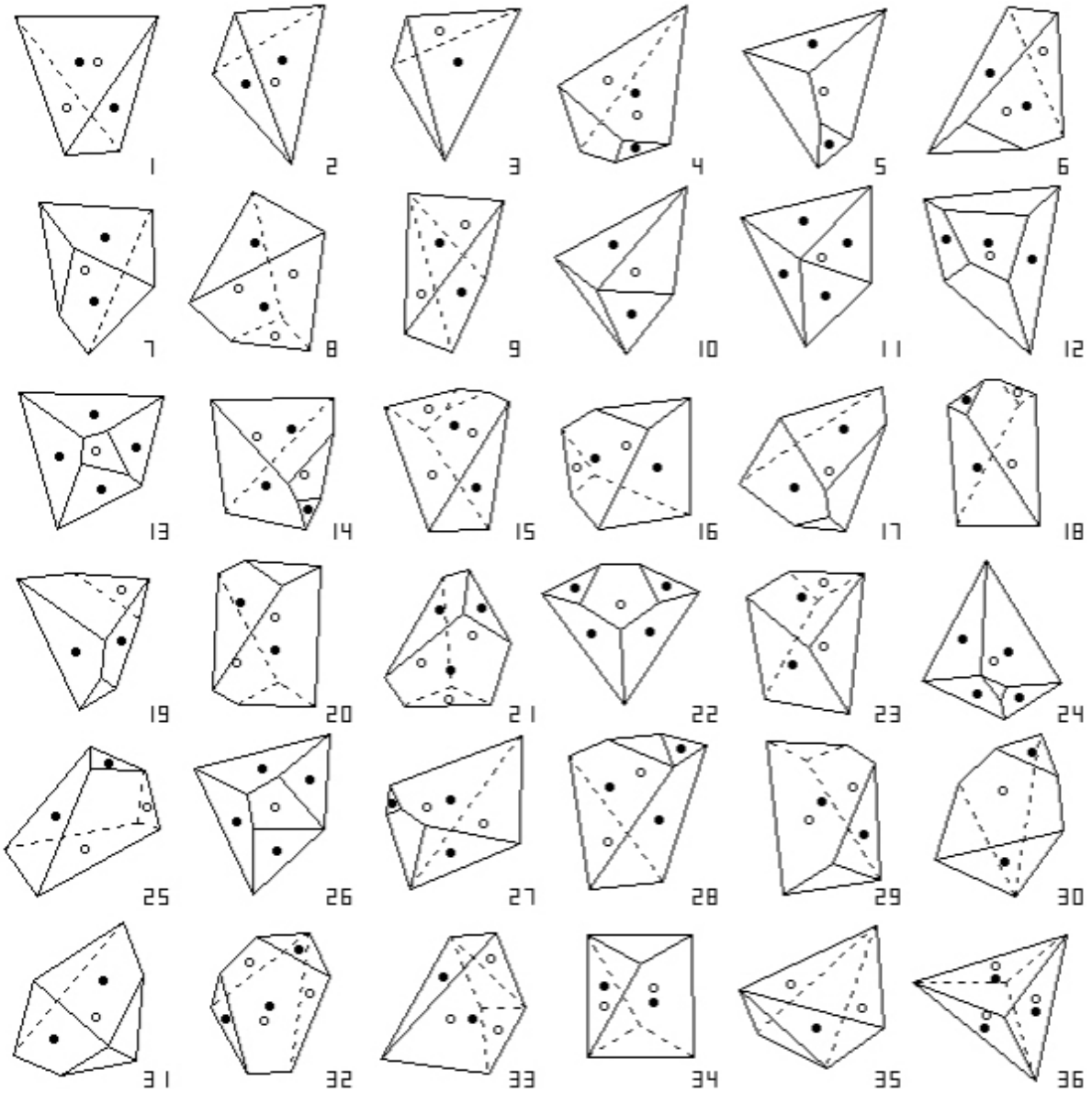


Рис. 1. Реальные тригональные бипирамиды.

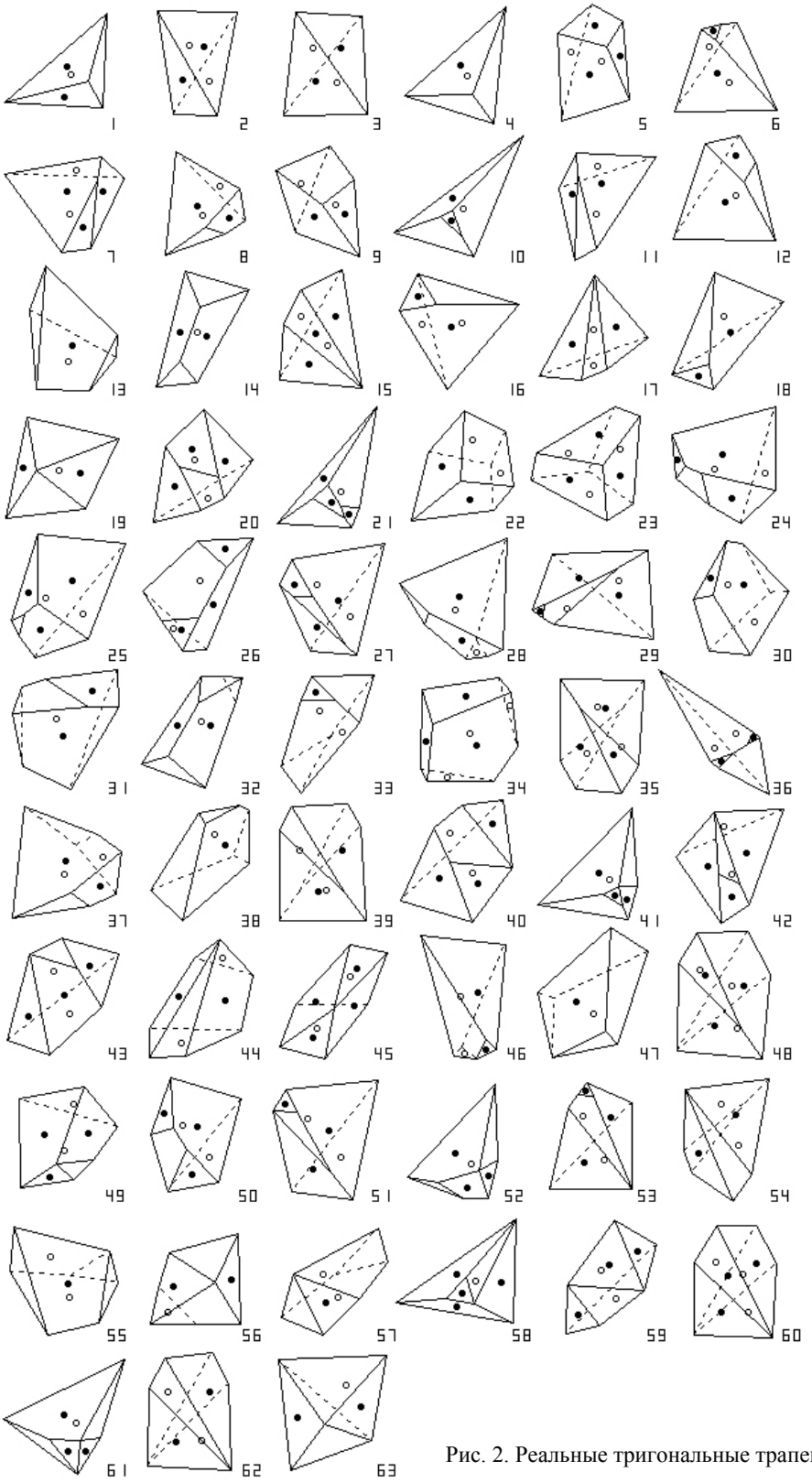


Рис. 2. Реальные тригональные трапецоэдры.

По гранным символам: [06] – 2, [222] – 9, [23] – 5, [24] – 4, [321] – 6, [4] – 3, [41] – 3, [42] – 2, [6] – 2. По числу граней: **4-эдры**: [4] 2 – № 1, m – 2, 222 – 3, **5-эдры**: [23] 1 – 4-8, [41] 1 – 9-10, m – 11, **6-эдры**: [06] 2 – 12, m – 13, [222] 1 – 14-17, 2 – 18-21, m – 22, [24] 1 – 23-24, 2 – 25, m – 26, [321] 1 – 27-30, m – 31-32, [42] 1 – 33, 2 – 34, [6] mm2 – 35, -6m2 – 36. Грани с внешними нормалями показаны кружками: видимые – черными, невидимые – белыми. Грани с внутренними нормалями не обозначены. Из 36 форм лишь 6 (№№ 1, 8, 11, 21, 32, 36) нормальны, т.е. обладают всеми внешними нормалями, остальные 30 частично антисимметричны.

На рисунке 2 показаны реальные тригональные трапецоэдры. Упорядочение по порядкам групп автоморфизмов и точечным группам симметрии: 1 – 44 (1), 2 – 18 (2 – 17, m – 1), 6 – 1 (32). По гранным символам: [06] – 4, [222] – 16, [23] – 10, [24] – 8, [321] – 10, [4] – 4, [41] – 5, [42] – 5, [6] – 1. По числу граней: **4-эдры**: [4] 1 – № 1, 2 – 2-4, **5-эдры**: [23] 1 – 5-14, [41] 1 – 15-19, **6-эдры**: [06] 1 – 20, 2 – 21-22, 32 – 23, [222] 1 – 24-33, 2 – 34-39, [24] 1 – 40-44, 2 – 45-47, [321] 1 – 48-57, [42] 1 – 58-59, 2 – 60-62, [6] m – 63. Из 63 форм лишь 11 (№№ 2, 3, 5, 7, 15, 23, 34, 35, 45, 48, 60) нормальны, остальные 52 частично антисимметричны.

Очевидная генетическая интерпретация «нормальных» и «антисимметричных» граней на кристаллическом полиэдре – рост и растворение. Возможно, со временем обнаружатся и другие физические интерпретации.

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: K & M, 2004. 275 с.
3. Войтеховский Ю.Л., Степенщиков Д.Г. Комбинаторная кристалломорфология. II. Реальные кристаллографические ромбододекаэдры // Полиэдрические формы в живой и косной природе. Апатиты: K & M, 2005. С. 51-84.
4. Войтеховский Ю.Л., Степенщиков Д.Г. Комбинаторная кристалломорфология. III. Комбинации куба и октаэдра. Апатиты: K & M, 2007. 834 с.
5. Шубников А.В. Симметрия и антисимметрия конечных фигур. М.: Изд-во АН СССР, 1951.
6. Voytekhovsky Y.L. On the real crystal octahedra // Acta Cryst. 2002. A 58. P 622-623.

НОВЫЕ ДАННЫЕ ПО ГЕОХИМИИ ИЛЬМЕНИТСОДЕРЖАЩИХ КРИСТАЛЛИЧЕСКИХ СЛАНЦЕВ И ТИТАНОВЫХ МИНЕРАЛОВ КЕЙВСКОЙ СЕРИИ, КОЛЬСКИЙ П-ОВ

Голубева И.И., Ветошкина О.С., Махлаев Л.В.

Институт геологии Коми НЦ УрО РАН, Сыктывкар, iigolubeva@geo.komisc.ru

Получены новые данные по геохимии ильменитсодержащих кристаллических сланцев кейвской серии, привлекающих внимание как потенциальный россыпеобразующий источник титансодержащих минералов. Изучены образцы из элювиальных развалов и коренных выходов ставролит-кианит-альбитовых кристаллических сланцев в районе вершины г. Тяпш-Манюк, правого борта р. Подманюк. Также отобраны коренные черные кианитовые сланцы г. Манюк. Ильменитсодержащие кристаллические сланцы во всех точках отбора почти не различаются. Отличие проявляется в морфологии кристаллобластов кианита, размерности породообразующих минералов и содержании углеродистого вещества.

Кристаллические сланцы в виде коренных выходов на г. Тяпш-Манюк представлены относительно мелкозернистыми породами черного цвета. Углистое вещество хорошо просматривается в виде реликтовых слойков в пойкилобластах ставролита и альбита (рис. 1 а), в основной ткани оно равномерно рассеяно. Кианит образует радиально-лучистые агрегаты радиусом 3-4 мм (рис. 1 б, в). Те же размеры имеют порфиробласты биотита, альбита и ставролита. Ильменит в виде пластинок до 3 мм кристаллизуется в основной ткани и порфиробластах. В крупнозернистых порфиробластических глиноземистых сланцах из элювиальных развалов на г. Тяпш-Манюк (рис. 1 г) углистое вещество отсутствует, кианит встречается в виде редких таблитчатых кристаллов. Породы сложены ставролитом, альбитом и серицитом. Мелкие пластинки ильменита (1-2 мм) хорошо диагностируются в серебристом серицитовом матриксе (рис. 1 д, е). Иногда в основной ткани наблюдается только рутил, ильменит встречается в виде реликтового в пойкилобластах ставролита и альбита. Кианит в этом случае не диагностируется. Рутил в породе развивается по ильмениту за счет вторичных низкотемпературных процессов. Подобные явления исчезновения кианита с одновременным развитием рутила по ильмениту, связанные с диафторезом, отчетливо прослеживаются в кристаллических ставролит-кинит-альбитовых сланцах в скальных выходах в правом борту р. Подманюк (рис. 1 ж). Рутил в этом случае замещает ильменит до полных псевдоморфоз. Породы имеют темно-серый цвет за

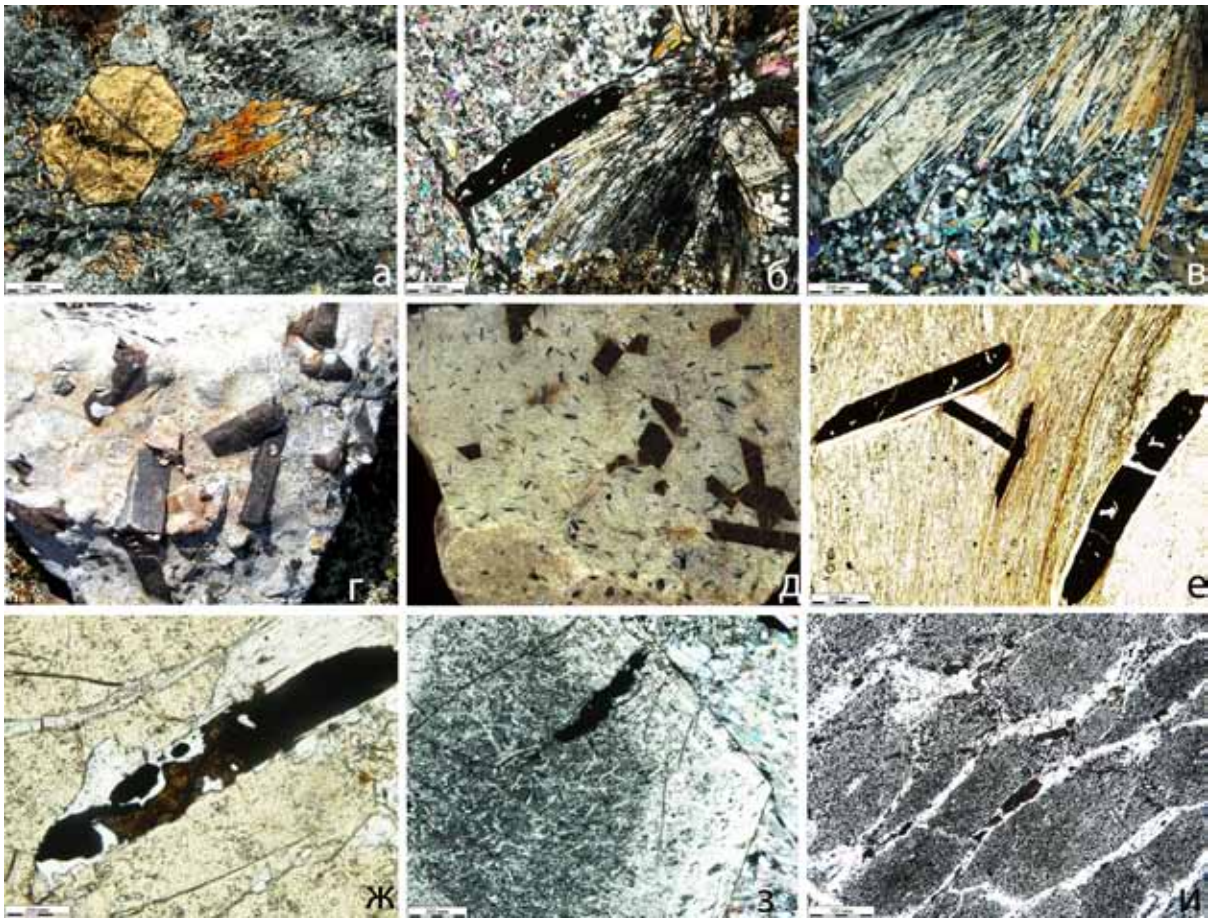


Рис. 1. Ильменитсодержащие кристаллические сланцы. а – гелицитовые структуры, обусловленные слоистым распределением органического вещества в альбите, г. Тяпш-Манюк; б, в – игольчатые сферолиты кианита, г. Тяпш-Манюк; г – порфиробластический ставролит-кианит-альбитовый кристаллический сланец, г. Тяпш-Манюк; д, е – ильменит в серицитовом матриксе; ж – рутил замещает ильменит, р. Подманюк; з – органическое вещество в порфиробласте ставролита, р. Подманюк; и – кристаллизация рутила в черных кианитовых сланцах, г. Манюк.

счет рассеянного в основной ткани пылевидного органического вещества. Оно же концентрируется в центральных участках пойкилопорфиробласт ставролита, кианита и альбита (рис. 1 з). Ильменит в ставролит-кианит-альбитовых кристаллических сланцах этого обнажения отличается большими размерами (до 5-6 мм), его количество достигает 10 %.

Петрохимия кристаллических глиноземистых сланцев кейвской серии хорошо описана [1, 2]. Эти породы, как подтверждено нашими исследованиями, относятся к монтмориллонитовым глинам с примесью каолинита и гидрослюды [3]. Это позволило предположить, что в источнике формирования глинистого вещества присутствовал мафический материал. Об этом свидетельствует высокий титановый модуль (ТМ = 0.05-0.08) и высокое содержание Sc (табл. 1). На тройной диаграмме La – Th – Sc (рис. 2 а) фигуративные точки метапелитов дают линейный тренд, свидетельствующий об одинаковом и относительно низком количестве Th при вариациях La и Sc, соответствующих андезитам и базальтам. Индикаторное отношение Th/Sc = 0.3-0.6 подтверждает мафическую природу поставщика глинистого материала ильменитсодержащих кристаллических сланцев (рис. 2 б). Но отношения Th/Co и La/Sc близки значениям глинистых сланцев, образованных за счет кислой коры (рис. 2 в). Об этом же свидетельствуют индикаторные отношения Th/Cr = 0.12-0.3 и Th/Co = 0.5-1.3. В спектрах РЗЭ отмечается слабо выраженная положительная Eu аномалия и накопление тяжелых РЗЭ (рис. 2 г), что характерно для пород основного состава. Концентратором тяжелых РЗЭ может быть органическое вещество [5]. Таким образом, первичный пелитовый материал порфиробластических ильменитсодержащих кристаллических сланцев образован за счет базитового и кислого источников с преобладанием первого.

Присутствие углеродистого вещества во всех изученных кристаллических сланцах вызвало интерес к изотопному составу углерода. Определение изотопных отношений $^{13}C/^{12}C$ проводилось на масс-

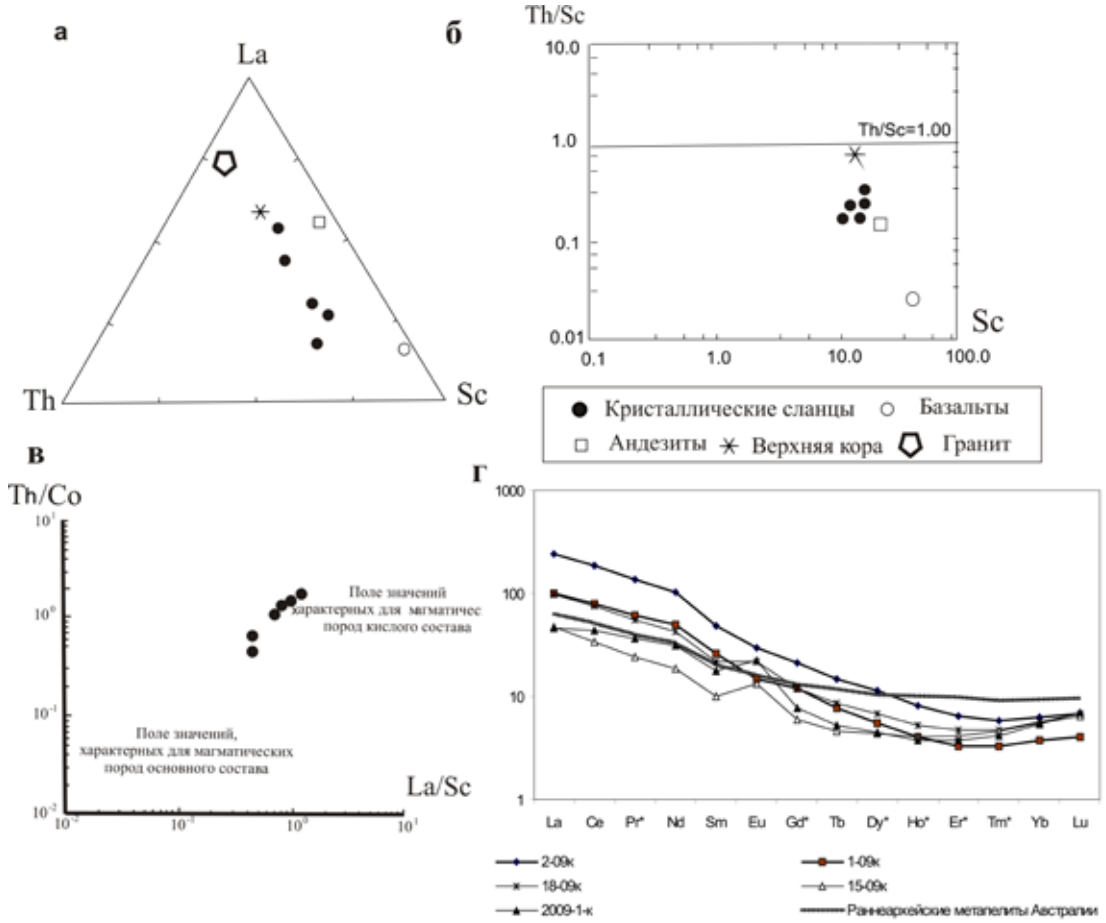


Рис. 2. Фигуративные точки составов ильменитсодержащих глиноземистых сланцев кейвской серии на диаграммах Th – La – Sc (а); Th/Sc – Sc (б); Th/Co – La/Sc (в); и распределение РЗЭ, нормированных по хондриту, в ильменитсодержащих кристаллических сланцах кейвской серии (г).

спектрометре Delta V Advantage с элементным анализатором EA 1112 посредством интерфейсного блока ConFlow IV (EA-MS). Изотопный состав представлен величиной δ относительно стандарта PDB. Воспроизводимость изотопных отношений не хуже 0.2 ‰. Получены очень низкие значения $\delta^{13}C$ от -45.7 до -31.8 ‰ (в среднем 42.25 ‰), что значительно ниже $\delta^{13}C$ органического вещества. $\delta^{13}C$ в 4 образцах кристаллических сланцев г. Тяпш-Манюк, г. Манюк и р. Подманюк варьирует в интервале от –45.7 до –44.1, что указывает на единый, обедненный изотопом ^{13}C, источник углерода. Значение $\delta^{13}C$ лишь одного образца несколько выше и составляет –31.7 ‰.

Аномальные значения $\delta^{13}C_{орг}$ в древних толщах отмечались и ранее [7, 8]. «Легкий» изотопный состав восстановленного углерода, по мнению многих, свидетельствует о высокой биологической активности в период формирования пород докембрия. Очень низкие значения $\delta^{13}C_{орг}$ (< –40 ‰) рассматривают [6] как следствие жизнедеятельности сообществ микроорганизмов, включая анаэробные (метаногенные) и аэробные (метанотрофные). Величина $\delta^{13}C$ –31.8 ‰ одного образца может свидетельствовать о смешении разных источников углерода.

В сланцах кейвской серии широко представлены рутил и ильменит. Рутил кристаллизуется в низкотемпературных кианитовых черных сланцах г. Манюк (рис. 1 и) и высокометаморфизованных ставролитсодержащих сланцах, где развивается по ильмениту за счет диафторических процессов. Ильменит в кристаллических сланцах Кольского п-ова отличается высоким содержанием РЗЭ (95.0-110 г/т). Это хороший индикатор его метаморфогенного генезиса [4]. Высокое содержание Co (98.5-115 г/т) по сравнению с метаморфогенными ильменитами Таймыра, Тимана, Полярного Урала [4] является специфичным свойством этого минерала Кольского п-ова.

Авторы выражают большую благодарность проф. Ю.Л. Войтеховскому и к.г.-м.н. А.В. Мокрушину за оказанную помощь в организации полевых работ на Кольском п-ове и сборе коллекционного материала.

Таблица 1. Элементы-примеси в ильменитсодержащих ставролит-кианит-альбитовых сланцах и ильмените, г/т.

	Кристаллические сланцы					Ильменит			
	2-09к	**1-09к**	**15-09к**	**18-09к**	**2009-1к**	**17-09к**	**1-09к**	**2-09к**	**2009а**
Sc	35.3	29.8	28.9	33.8	37.3	46.4	77.4	114.9	82.3
V	223.7	307.0	240.4	266.7	328.2	170.2	299.9	353.5	280.2
Cr	66.8	70.8	61.2	64.6	65.6	5.7	25.6	25.7	26.5
Co	15.9	15.7	19.2	11.4	17.3	98.0	115.0	94.8	115.4
Ni	11.2	16.1	18.6	8.0	7.3	13.5	30.6	16.4	21.8
Sr	134.5	152.8	124.9	200.61	218.4	7.9	13.9	19.2	9.1
Y	14.4	6.1	7.0	8.1	5.0	12.4	16.8	19.2	13.7
Nb	9.7	9.8	14.5	13.3	10.2	171.2	78.6	74.7	118.1
Cd	0.15	0.02	0.06	0.08	0.09	0.2	0.2	0.2	0.2
La	74.0	31.0	14.5	29.8	14.1	12.7	19.0	30.1	11.9
Ce	149.0	63.2	2.1	3.0	35.2	24.1	38.8	62.6	27.2
Pr	16.4	7.5	0.2	0.2	4.5	2.4	4.1	6.5	2.8
Nd	62.0	30.1	0.06	0.08	18.8	8.6	16.1	23.3	11.0
Sm	9.4	5.0	3.1	3.8	3.4	1.6	2.7	3.5	2.1
Eu	2.1	1.0	0.05	0.02	1.6	0.2	0.4	0.6	0.3
Gd	5.5	3.0	0.01	0.03	1.9	1.8	2.5	3.1	2.2
Tb	0.7	0.3	4.3	2.4	0.2	0.3	0.4	0.5	0.4
Dy	3.6	1.8	1.4	2.2	1.4	2.3	3.1	3.5	2.65
Ho	0.7	0.3	0.3	0.4	0.3	0.5	0.7	0.7	0.6
Er	1.4	0.7	0.9	1.0	0.8	1.6	2.0	2.1	1.7
Tm	0.2	0.1	0.1	0.15	0.1	0.2	0.3	0.3	0.3
Yb	1.3	0.8	1.1	1.2	1.1	1.8	2.0	2.1	1.9
Lu	0.2	0.1	0.2	0.2	0.2	0.3	0.3	0.3	0.3
Hf	8.7	8.7	9.5	9.7	12.3	6.5	4.6	5.3	5.0
Ta	1.2	1.1	1.7	1.4	1.0	14.0	5.9	6.4	7.7
Th	21.4	8.9	9.2	13.9	13.1	3.3	2.3	4.8	3.6

Примечание: анализы выполнены методом ICP MS в ИГГ УрО РАН; кристаллические сланцы №№ 2-0 и 1-09 – г. Тяпш-Манюк, №№ 15-9; 21-09 и 2009-1 – р. Подманюк; ильмениты: №№ 17-09к, 1-09к и 2-09к – из сланцев, № 2009а – из россыпи р. Ачерйок.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Белолепицкий А.П., Ильин Ю.И., Предовский А.А. Первичная природа и эволюция состава метапелитов кейвского сланцевого комплекса // Первичная природа и геохимия метаморфических пород докембрия Кольского п-ова. Апатиты: Изд-во КФ АН СССР, 1979. С. 3-15.
2. Головенок В.К. Высокоглиноземистые формации докембрия. М.: Недра, 1977. 267 с.
3. Голубева И.И., Махлаев Л.В. Ильменитсодержащие метапелиты складчатых систем Севера России // Литосфера. 2011. № 6. С. 146-153.
4. Голубева И.И., Махлаев Л.В. Элементы-примеси в метаморфогенном ильмените // Минералогия Урала. Миасс: Изд-во ИМин УрО РАН, 2011. С. 27-32.
5. Занин Ю.Н., Замирайлова А.Г., Эдер В.Г. и др. Редкоземельные элементы в баженовской свите Западно-Сибирского осадочного бассейна // Литосфера. 2011. № 6. С. 38-53.
6. Зякун А.М. Теоретические основы изотопной масс-спектрометрии в биологии. Пущино: Изд-во «Фотон-век», 2010. 224 с.
7. Сидоренко С.А., Сидоренко А.В. Органическое вещество в осадочно-метаморфических породах докембрия. Тр. ГИН АН СССР. Вып. 277. М.: Наука, 1975. 102 с.
8. Юдович Я.Э. Аномальное облегчение изотопного состава органического углерода в древних черных сланцах. Обзор. Горючие сланцы. 1988. № 5/2. С. 147-152.

СОСТАВ, ПРОИСХОЖДЕНИЕ И ВОЗРАСТ РЕДКОЗЕМЕЛЬНО-БЛАГОРОДНОМЕТАЛЬНОГО ОРУДЕНЕНИЯ В ПОРОДАХ ПОЛОСЧАТОЙ ЖЕЛЕЗОРУДНОЙ ФОРМАЦИИ КОЛЬСКОГО П-ОВА

Горяинов П.М.[1], Иванюк Г.Ю.[1], Баянова Т.Б.[1], Базай А.В.[1], Астафьев Б.Ю.[2], Воинова О.А.[3]

[1] ГИ КНЦ РАН, ЦНМ КНЦ РАН, Апатиты, ivanyuk@ksc.ru; [2] ИГГД РАН, [3] ВСЕГЕИ, С.-Петербург

Рассеянная Au-Ag минерализация, представленная мельчайшими (< 100 мкм) зёрнами серебра $Ag_{0.70}Au_{0.25}Fe_{0.05}$, электрума $Au_{0.39-0.56}Ag_{0.33-0.51}Fe_{0.03-0.18}$, аурикуприта $(Cu_{2.42}Au_{0.35}\ Fe_{0.23})_{\Sigma 3.00}Au$, гессита $(Ag_{1.58-1.92}Fe_{0.19-0.61}Bi_{0.00-0.10})_{\Sigma 1.94-2.19}Te$, цумоита $(Bi_{0.78-1.10}\ Ag_{0.00-0.10}Fe_{0.00-0.19})_{\Sigma 0.99-1.10}Te$, волынскита $(Ag_{0.58}\ Fe_{0.29})_{\Sigma 0.87}Bi_{1.03}Te_2$, керверллеита $(Ag_{2.76-3.19}Fe_{0.84-1.22})_{\Sigma 3.98-4.03}Te_{0.92-1.04}S_{0.94-1.08}$, павонита $(Ag_{0.86}Fe_{0.26})_{\Sigma 1.12}(Bi_{1.93}Pb_{0.95}Fe_{0.12})_{\Sigma 3.00}S_5$, приурочена к гранат-биотитовым, роговообманковым, клинопироксеновым, магнетито-карбонатным и др. скарноидам по контакту рудных тел с вмещающими нодулярными гнейсами Оленегорского и Кировогорского месторождений [1, 7]. В скарноидах выделения перечисленных минералов приурочены обычно к участкам замещения Ca-Fe силикатов (ферроактинолита, феррогорнблендита, геденбергита и др.) Ca-Na амфиболами, эгирином, гриналитом, шамозитом и другими низкотемпературными минералами. С этими же породами связана редкоземельная минерализация, представленная алланитом-(Ce), монацитом-(Ce), бритолитом-(Ce), ксенотимом-(Y) и кайнозитом-(Y) [7, 8].

При формировании поздних кварцево-цеолитовых гидротермалитов, приуроченных в основном к приконтактовым участкам нодулярных гнейсов, рассеянное Au перераспределяется в призальбандовые участки жил, формируя здесь крупные (до 5 мм) кристаллы и выделения неправильной формы [1, 5, 7], легко извлекаемые при гравитационном обогащении хвостов магнитной сепарации. Наличие циркона в них позволило определить изотопный возраст и восстановить историю формирования ПЖФ Приимандровской структуры.

Она включает в себя ряд событий: образование тоналитов – 2790 млн. лет [2], глинозёмистых гнейсов – 2760-2750 млн. лет [2, 4] и Fe кварцитов – 2780 млн. лет (неопубликованные данные Ю.А. Балашова), гранитных пегматитов – 2750 млн. лет [3], долеритов – 2740 млн. лет [3], гидротермалитов – 2670-2570 млн. лет [6]. Но вопрос о месте различных метасоматитов (скарноидов, магнетито-клинопироксеновых и магнетито-карбонатных пород, безрудных кальцифиров), с которыми и связана REE-Au-Ag минерализация, оставался открытым. Для его решения нами методами ID-TIMS (U-Pb) и SHRIMP-II изучены цирконы из золотоносных магнетито-грюнерито-геденбергитового (I) и эпидото-андрадито-диопсидового (II) скарноидов Оленегорского месторождения, контактирующих с микроклинизированными биотитовыми гнейсами (III) (рис. 1-3). Возраст формирования золотоносных метасоматитов попал в сравнительно узкий интервал 2645-2675 млн. лет. С учётом этих результатов схема формирования золотоносных пород ПЖФ может быть представлена в следующем виде.

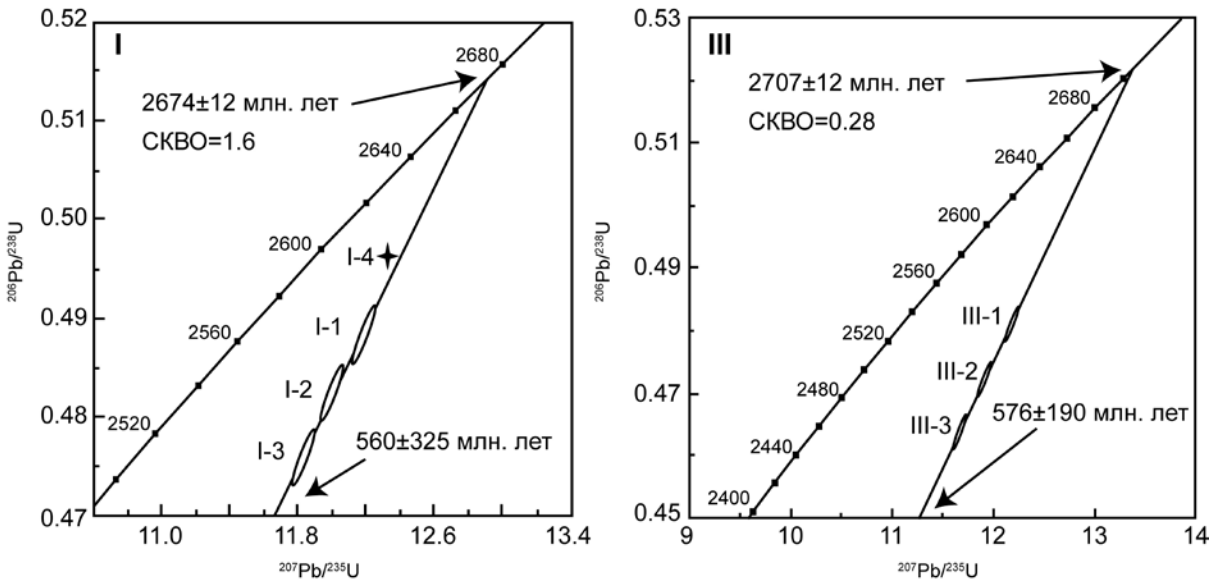


Рис. 1. Изотопные U-Pb диаграммы с конкордией для циркона из магнетито-грюнерито-геденбергитовых скарноидов (I) и биотитовых гнейсов (III) Оленегорского месторождения. I-1–III-3 – морфотипы циркона.

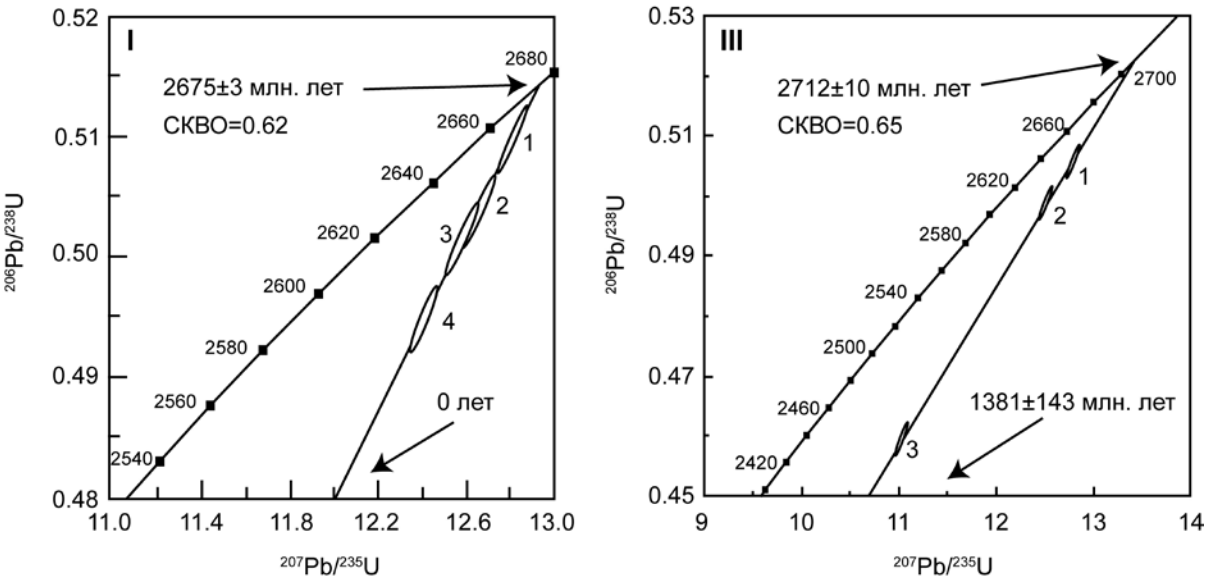


Рис. 2. Изотопные U-Pb диаграммы с конкордией для единичных зёрен циркона из магнетито-грюнерито-геденбергитовые скарноидов (I) и биотитовых гнейсов (III) Оленегорского месторождения. 1–4 – номера зон.

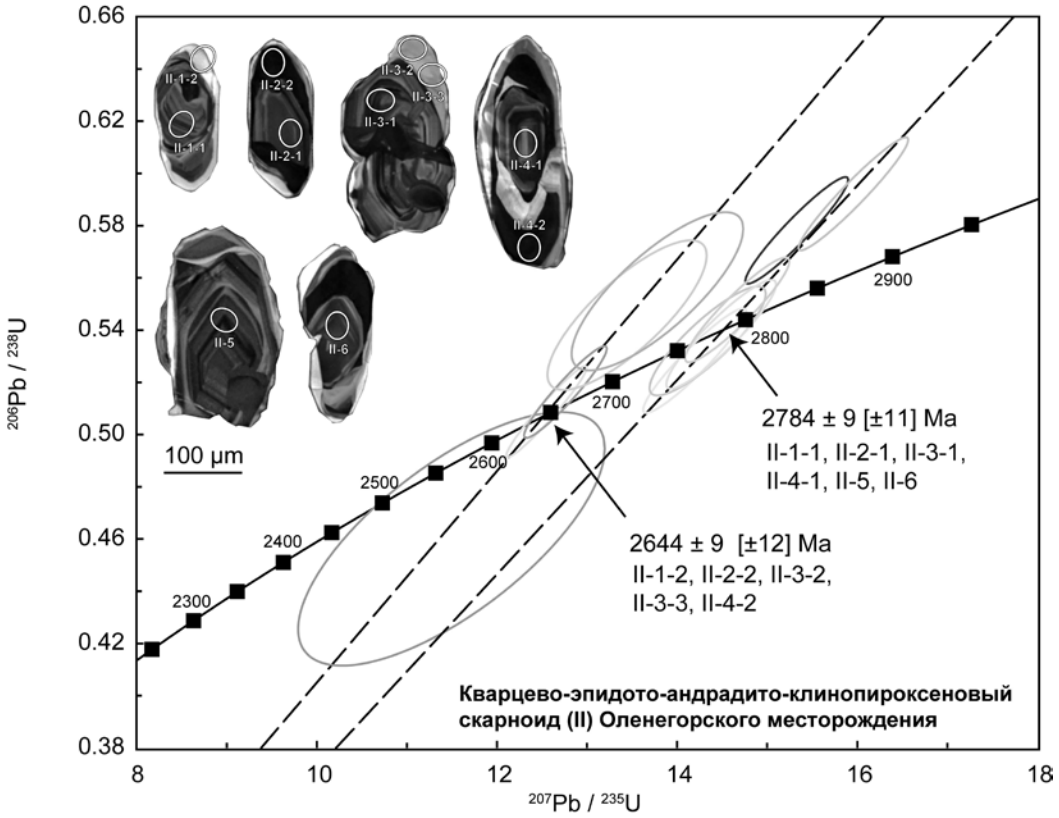


Рис. 3. Изотопные (SHRIMP) U-Pb диаграммы с конкордией для циркона из кварцево-эпидото-андрадито-клинопироксенового скарноида (II) Оленегорского месторождения и магнетито-кальцито-доломитовой породы (IV) Кировогорского месторождения по данным ионного зондирования отдельных зёрен.

2850-2800 млн. лет. В ходе выщелачивания Fe из основных и ультраосновных пород кислыми растворами смешанного происхождения формируется гематитовая рудная линза, окруженная «выбеленными» ангидритсодержащими базальтами:

$$2Fe + 3Cl_2 = 2FeCl_3,$$
$$2FeCl_3 + 3H_2O = Fe_2O_3 + 6HCl,$$
$$4FeS + 7O_2 = 2Fe_2O_3 + 4SO_2,$$
$$2SO_2 + 3H_2O + 2CaFeSi_2O_6 = 2CaSO_4 + Fe_2O_3 + 4SiO_2 + 3H_2 \text{ и т.д.}$$

2800-2750 млн. лет. Попадание существенно гематитового протолита в зону действия восходящего потока восстановленного эндогенного флюида, обогащенного соединениями углерода и серы (SO_2, H_2S, CO_2, CO, CH_4), приводит к постепенному разрастанию магнетитовой и (карбонато)-сульфидно-магнетитовой зон за счёт реакций:

$$3Fe_2O_3 + H_2 = 2Fe_3O_4 + H_2O,$$
$$7Fe_3O_4+24SiO_2+7H_2 = 3Fe_7Si_8O_{22}(OH)_2+4H_2O,$$
$$Fe_3O_4 + 3FeS_2 + 4H_2 = 6FeS + 4H_2O \text{ и т.п.}$$

В результате гематит сохраняется лишь в апикальных частях наиболее крупных рудных тел, а по периферии и на глубине получают развитие магнетитовые и, далее, сульфидно-магнетитовые железистые кварциты. Метаморфогенный циркон формируется в основном в конце этой стадии при самоочищении биотита и других силикатов от несвойственных им микропримесей.

2750-2650 млн. лет. На регрессивном этапе метаморфизма в результате инициируемой уменьшением давления реакции

$$7Ca_2Fe_5Si_8O_{22}(OH)_2 = 14CaFeSi_2O_6 + 3Fe_7Si_8O_{22}(OH)_2 + 4SiO_2 + 4H_2O$$

происходит смена (ферро)актинолитовых парагенезисов, характерных для магнетитовых железистых кварцитов, на грюнерит-геденбергитовые парагенезисы Fe скарноидов. Вынос образующегося в результате приведённой реакции кремнезёма в окружающие биотитовые гнейсы приводит к их метасоматическому преобразованию в нодулярные гнейсы и безрудные диопсидиты

$$KMg_3AlSi_3O_{10}(OH)_2 + 3CaAl_2Si_2O_8 + 3SiO_2 = KAlSi_3O_8 + 3CaMgSi_2O_6 + 3Al_2SiO_5 + H_2O.$$

Так как равновесие реакций сдвигается влево при понижении температуры, на регрессивном этапе метаморфизма происходит возрастание щёлочности межзерновых растворов, что позволяет им экстрагировать рассеянные элементы из скарноидов с образованием гидроксокомплексов типа $Na[Me(OH)_3]$. Попадая в зону сульфидно-магнетитовых железистых кварцитов и, особенно, сульфидсодержащих скарноидов, такие гидроксокомплексы разрушаются в результате кислотного гидролиза с образованием сульфидов Cu, Pb, Zn и ещё более щелочного остаточного раствора

$$Na[Me(OH)_3] + H_2S \rightarrow NaOH + MeS\downarrow + H_2O.$$

Под его воздействием первичные Ca-Fe силикаты скарноидов и сульфидно-магнетитовых Fe кварцитов (ферроактинолит, Fe роговая обманка, геденбергит) замещаются Ca-Na амфиболами, эгирином, андрадитом, шамозитом и гриналитом. Поскольку наиболее благоприятные условия для разделения S и Te создаются в слабощелочной обстановке при низких температурах [7], то на начальных этапах Te оказывается рассеянным в составе сульфидов, а при падении щёлочности и температуры растворов по мере их просачивания сквозь толщу Fe скарноидов начинают кристаллизоваться теллуриды Au, Ag и Bi, сопровождаемые выделениями кайнозита-(Y), ксенотима-(Y), монацита-(Ce), бритолита-(Ce), а также зёрнышками новообразованного циркона, заметно обогащённого Eu, и его каймами аналогичного состава вокруг полизональных зёрен ранней генерации.

2650-2550 млн. лет. Подщелоченная вода, выделяющаяся в ходе приведённых реакций, приводит к гидротермальной переработке скарноидов и глинозёмистых гнейсов и формированию в них многочисленных каверн и кварцево-цеолитовых сегрегаций

$$CaAl_2Si_2O_6 + 2SiO_2 + 4H_2O = CaAl_2Si_4O_{12}\bullet 4H_2O$$

с высокопробным Au и наиболее поздним цирконом. Промышленные перспективы месторождений ПЖФ в отношении Au и HREE, связанные с такими гидротермалитами и железистыми скарноидами, вполне очевидны, хотя и ограничиваются двумя наиболее крупными месторождениями [5].

Исследования проводились в рамках проекта 1.2.4 Программы РАН № 27 «Фундаментальный базис инновационных технологий прогноза, оценки, добычи и глубокой комплексной переработки стратегического минерального сырья, необходимого для модернизации экономики России».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Базай А.В., Иванюк Г.Ю., Пахомовский Я.А. и др. Самородные элементы в породах полосчатой железорудной формации Кольского п-ова // Зап. РМО. 2008. № 5. С. 34-47.
2. Баянова Т.Б., Егоров Д.Г. U-Pb возраст железорудной формации Кольского п-ова // Геология и полезные ископаемые Северо-Запада и Центра России. Апатиты: Изд-во «Полиграф», 1999. С. 19-24.

3. Баянова Т.Б., Митрофанов Ф.П., Егоров Д.Г. U-Pb датирование дайкового комплекса Кировогорского железорудного месторождения (Оленегорск, Кольский п-ов) // Докл. АН. 1998. Т. 360. № 5. С. 673-676.
4. Бибикова Е.В. U-Pb геохронология ранних этапов развития древних щитов. М.: Наука, 1989. 180 с.
5. Голиков Н.Н., Горяинов П.М., Иванюк Г.Ю. и др. Золотоносность железистых кварцитов Оленегорского месторождения (Кольский п-ов, Россия) // Геология рудных месторождений. 1999. Т. 41. № 2. С. 162-170.
6. Жиров К.К., Шестаков К.И., Рюнгенен Г.И. и др. Радиологическое определение возраста катархейских образований Кольского п-ова // Изв. АН СССР. Сер. Геол. 1979. № 9. С. 3-23.
7. Иванюк Г.Ю., Горяинов П.М., Пахомовский Я.А. и др. Самоорганизация рудных комплексов. Синергетические принципы прогнозирования и поисков месторождений полезных ископаемых. М.: Изд-во Геокарт-Геос, 2009. 392 с.
8. Иванюк Г.Ю., Яковенчук В.Н., Пахомовский Я.А. и др. Иттриевая минерализация в породах полосчатой железорудной формации Оленегорского района (Кольский п-ов) // Прикладная геохимия. Т. 1. Минералогия и геохимия. М.: Изд-во ИМГРЭ, 2005. С. 78-86.

Pd_2Tl и Pd_3Tl – НОВЫЕ ИНТЕРМЕТАЛЛИДЫ В ФЁДОРОВО-ПАНСКОМ РАССЛОЕННОМ КОМПЛЕКСЕ

Грошев Н.Ю., Волошин А.В., Субботин В.В., Савченко Е.Э.

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

Введение. Вследствие того, что Tl является крайне рассеянным элементом в ультраосновных и основных породах, минералы Pd-Tl в платиноносных расслоенных интрузивах долгое время не обнаруживались. Первые упоминания о минеральных фазах Pd-Tl приводятся в минералогической характеристике критической зоны комплекса Бушвельд в ЮАР [1]. Впоследствии близкие по стехиометрии к Pd_3Tl интерметаллы найдены в месторождениях Ветлегс (Дулут, США) и Сэндслут (Плэтриф, Сев. Бушвельд) [2], а также в малосульфидных рудах Мончетундровского массива (Кольский п-ов) [3]. Присутствие Tl минерализации в этих месторождениях вызывает интерес, поскольку он обычно накапливается в эпитермальных Au-Ag месторождениях вместе с Au, Ag, As и Sb [4]. Природные соединения Pd и Tl редки и немногочис-

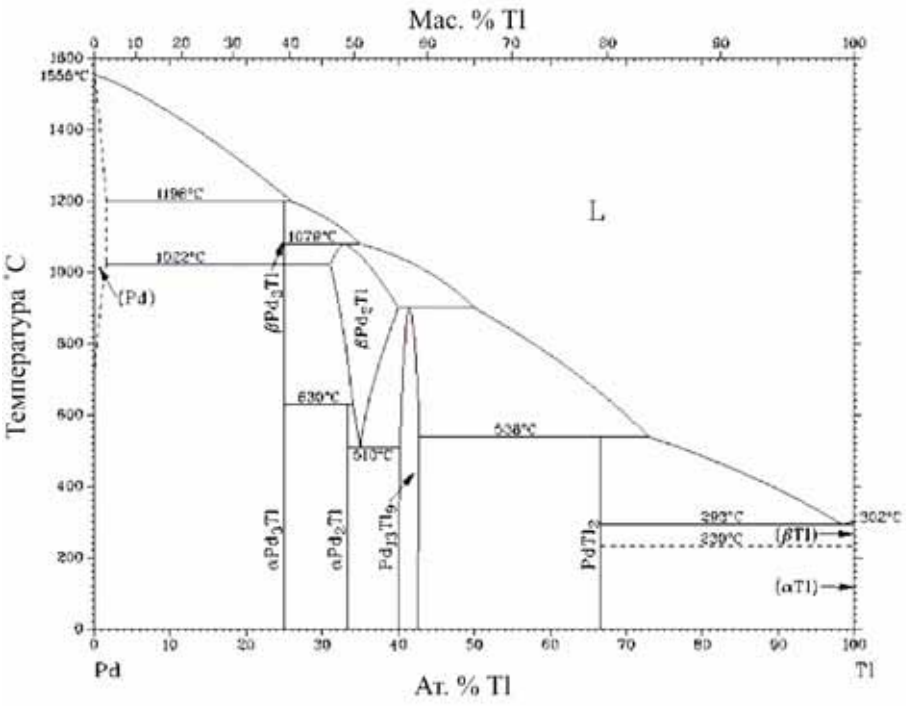


Рис. 1. Фазовая диаграмма системы Pd-Tl [5].

ленны, в то же время в бинарной системе Pd-Tl [5] известны 6 синтетических фаз: α-Pd_3Tl, β-Pd_3Tl, α-Pd_2Tl, β-Pd_2Tl, $Pd_{13}Tl_9$, $PdTl_2$ (рис. 1), некоторые представлены двумя полиморфными модификациями.

При изучении минералогии платиноносных горизонтов Федорово-Панского расслоенного комплекса (ФПРК) в центральной части Кольского п-ова (рис. 2) нами выявлены две минеральные фазы Pd_2Tl и Pd_3Tl. Первая из них установлена в природе впервые.

Рис. 2. Схематическая геологическая карта ФПРК.

Минеральные фазы Pd_2Tl и Pd_3Tl в ФПРК. Интерметаллическое соединение Pd_2Tl обнаружено в массиве Фёдоровой тундры (рис. 1) в платиноносном рифе Невидимый. Риф мощностью до 10-12 м расположен в верхней части расслоенной серии и представлен ритмичным чередованием троктолитов, оливиновых лейкогабброноритов и измененных лейкогабброидов [6]. Платинометальная минерализация рифа отличается от известных месторождений ФПРК повышенной долей Pt (Pt/Pd = 1.3), низким содержанием сульфидов (концентрации S не превышают 0.2 мас. %). Минералы платиновых металлов (МПМ) с одинаковой частотой встречаются в виде включений в силикатах и с тонкой эмульсионной вкрапленностью пентландита, халькопирита и пирротина в нижних и средних оливинсодержащих слоях ритмов, содержащих до 0.9 г/т Pt и Pd.

В минеральной ассоциации МПМ преобладают интерметаллиды, близкие по составу к Pt_3Fe. Вместе с ними встречаются палладий (Pd, Cu, Fe), звягинцевит Pd_3Pb, атокит $(Pd,Pt)_3Sn$, бортниковит Pd_4Cu_3Zn, паларстанид $Pd_5(Sn,As)_2$, брэггит (Pt,Pd,Ni)S, сперрилит $PtAs_2$, стиллуотерит Pd_8As_3, мертиит $Pd_{11}(Sb,As)_4$, кейтконнит $Pd_{20}Te_7$, котульскит Pd(Te,Bi), торнрусит $Pd_{11}As_2Te_2$ и др. Палладий кроме собственных минеральных форм присутствует и в пенландите до 0.56 мас. % Pd, а в единичных мелких зернах до 5.67 мас. % Pd (SEM/EDS-анализ).

Фазы Pd_2Tl образуют незамкнутые каемчатые обособления до 1 μm по краям зерен халькопирита (рис. 3 а, б). На рис. 3 б показана тесная ассоциация фазы Pd_2Tl с интерметаллидами Pt_3Fe, которая близка к ассоциации Pd-Tl фазы со сплавом Pt_2Fe и Pd-пентладитом в перекрывающих Плэтриф габброноритах месторождения Сэнслут (фиг. 5 e в [2]).

Химический состав фаз Pd_2Tl изучен SEM/EDS-методом (табл.). Анализы 9130-1-b и 9130-1-b2 отвечают различным участкам каймы (рис. 3 а), 9100-12 характеризует наиболее широкую часть Pd_2Tl в нижнем зерне халькопирита (рис. 3 б). Кристаллохимические формулы рассчитаны на 3 атома, исходя из данных по системе Pd-Tl, в которой установлены две полиморфные модификации Pd_2Tl. Располагая данными о вариациях редких элементов по разрезу рифа, отметим, что концентрации Tl в платиноносных породах варьируют от 0.005 до 0.014 г/т (ICP-MS).

Природный сплав Pd_3Tl обнаружен на участке Оливиновая горка Зап.-Панского массива., в породах оливинового горизонта (рис. 1). В зоне переслаивания габброноритов, троктолитов и оливиновых пироксенитов выявлены небольшие линзовидные тела вкрапленной сульфидной минерализации (0.3-0.5 об. % сульфидов) мощностью до 0.7 м с содержанием ЭПГ+Au до 6.9 г/т. Сульфидная минерализация этого

участка существенно отличается от таковой месторождений ФПРК [7]. Здесь она представлена смешанными халькопирит-пентландит-пирротиновым и халькопирит-миллерит-борнитовым типами со значительной долей полидимита, кубанита, ковеллина, дигенита и халькозина.

Таблица. Химический состав Pd-Tl минеральных фаз, мас. %.

Элементы	Номера образцов				
	9130-1-b	9130-1-b2	9100-12	23964-a	23964-b
Pd	49.72	43.87	53.56	60.54	62.44
Tl	50.28	56.13	46.44	38.28	37.56
S	–	–	–	1.18	–
Сумма	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
Формульные коэффициенты					
Pd	1.97	1.80	2.07	2.87	3.05
Tl	1.03	1.20	0.93	0.94	0.95
S	–	–	–	0.19	–

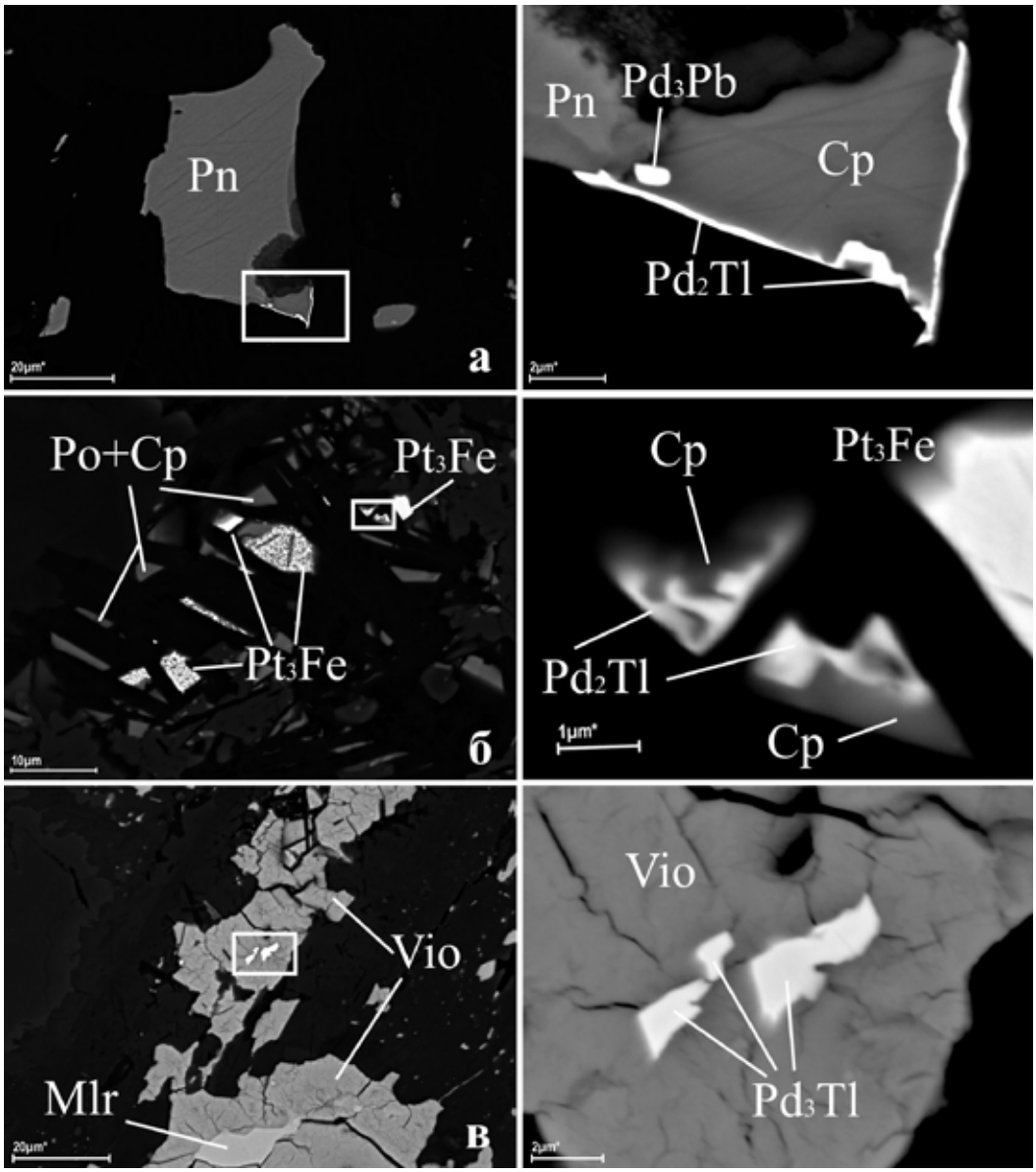


Рис. 3. Морфология и минеральные ассоциации сплавов Pd-Tl (SEM-фото): а – зерно халькопирита, окруженное каймой природного сплава Pd_2Tl, в оливиновом габбронорите, аншлиф 9130-1; б – выделения природных сплавов Pd_2Tl по краям зерен халькопирита в мезо-меланократовом троктолите, аншлиф 9100-12; в – тонкие включения минеральной фазы Pd_3Tl в виоларите, видны типичные структуры «усыхания» при замещении пентландита виоларитом; габбронорит, аншлиф 23964. Pn – пентландит, Po – пирротин, Cp – халькопирит, Vio – виоларит, Mlr – миллерит; темно-серое – силикаты.

Pd-Tl фаза (рис. 3в) обнаружена в одном из аншлифов в виде группы мелких субидиоморфных зерен размером до 2×4 μm в агрегате зерен вторичного виоларита по пентландиту. Кроме виоларита в ассоциации с фазой установлены миллерит, халькопирит, аргентопентландит, серебро без существенных примесей, что необычно для Au-Ag-интерметаллов («электрума») Федорово-Панского массива. Химически чистое Ag здесь также установлено впервые.

В соседних пробах обнаружены звягинцевит Pd_3Pb, скаергаардит (Pd,Cu,Zn), брэггит (Pt,Pd,Ni)S, сперрилит $PtAs_2$, холлингуортит (Rh,Pt,Pd)AsS, мончеит $(Pt,Pd)(Te,Bi)_2$, котульскит Pd(Te,Bi), теллуропалладинит Pd_9Te_4, кейтконнит $Pd_{20}Te_7$, минеральная фаза $(Fe,Pt,Cu,Ni)_3S_2$.

Химический состав и эмпирические формулы двух зерен Pd_3Tl даны в таблице. Формулы рассчитаны на 4 атома согласно экспериментальным данным по системе Pd-Tl, в которой известны две полиморфные модификации Pd_3Tl. В одном из зерен Pd_3Tl отмечается незначительная примесь S.

Заключение. Выявленные интерметаллы Pd_2Tl и Pd_3Tl характеризуются специфической генетической позицией в ФПРК. Tl минералы встречены в расслоенных горизонтах с широким развитием богатых оливином пород, где платинометальное оруденение является относительно бедным. Последнее, наряду с присутствием богатых Pd пентландитов, корреспондируется с данными по фазе Pd_3Tl, установленной в перекрывающей Плэтриф пачке габброноритов [2]. По химическому изотипу минеральная фаза Pd_3Tl имеет аналог в геохимически близкой бинарной системе Pd-In, в которой известны соединения со статусом минеральных видов дамяоит $PtIn_2$ и исюньит Pt_3In [8]. Это позволяет предполагать устойчивость Pd-Tl интерметаллидов и возможность обнаружения минеральных форм большего размера, которые позволят выполнить комплекс исследований для утверждения новых минеральных видов.

Работа подготовлена при поддержке Госконтракта № 16.515.11.5013.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Kinloch E.D. Regional trends in the platinum-group mineralogy of the critical zone of the Bushveld complex, South Africa // Econ. Geol. 1982. V 77. P 1328-1347.
2. Holwell D.A., McDonald I., Armitage P.E. B. Platinum-group mineral assemblages in the Platreef at the Sandsloot mine, northern Bushveld complex, South Africa // Miner. Mag. 2006. V 70(1). P 83-101.
3. Гроховская Т.Л., Лапина М.И., Мохов А.В. Ассоциации и генезис минералов платиновой группы в малосульфидных рудах месторождения Мончетундра (Кольский п-ов, Россия) // Геология рудных месторождений. 2009. Т. 51. № 6. С. 520-540.
4. Wood S.A. The aqueous geochemistry of the platinum-group elements with applications to ore deposits // Ed. L.J. Cabri. The geology, geochemistry, mineralogy and mineral beneficiation of PGE. CIM. 2002. V 54. P 211-249.
5. Bhan S., Gödecke T., Panday P.K. et al. Über die Mischungen Palladium-Tallium und Platin-Tallium // J. Less-Common Metals. 1968. V 16. P 415-425.
6. Грошев Н.Ю., Савченко Е.Э. Риф Невидимый – новый уровень малосульфидной платинометальной минерализации в массиве Федоровой тундры (Кольский п-ов, Россия) // Руды и металлы. 2011. № 5. С. 15-26.
7. Субботин В.В., Корчагин А.У., Савченко Е.Э. Платинометальная минерализация Федорово-Панского рудного узла: типы оруденения, минеральный состав, особенности генезиса // Вестник КНЦ. 2012. № 1. С. 55-66.
8. Cabri L.J. The platinum-group minerals // Ed. L.J. Cabri. The geology, geochemistry, mineralogy and mineral beneficiation of PGE. CIM. 2002. V 54. P 507-548.

БЛАГОРОДНОМЕТАЛЬНАЯ МИНЕРАЛИЗАЦИЯ СЯРГОЗЕРСКОГО УМЕРЕННОЩЕЛОЧНОГО КОМПЛЕКСА

Дмитриева А.В.

Институт геологии КарНЦ РАН, Петрозаводск, dmitrievaa-v@yandex.ru

Позднеархейский многофазный Сяргозерский умереннощелочной комплекс расположен на Ондозерско-Сегозерской площади (Ц. Карелия, участки Сяргозеро, Торосозеро и Шаравалампи). Породы повышенной щелочности изучались рядом авторов, возраст санукитоидов и лампрофиров Ц. Карелии близок к 2.74 млрд. лет [1-5]. Породы Сяргозерского комплекса дифференцированы по составу и представлены пироксенитами, габбро, монцодиоритами и сиенитами. В массиве Шаравалампи определена перспективность пироксенитовых тел на P и Ti, установлены повышенные содержания Au и ЭПГ (Pt 0.038 г/т,

Pd 0.074 г/т, Au 0.02 г/т) [2]. Но остался неясным вопрос о наиболее поздних щелочных преобразованиях и не изучена связанная с ними рудная минерализация.

Метасоматические изменения пород и рудная минерализация. Пироксениты и габбро 1 фазы подвержены автометасоматическим преобразованиям, проявленным в амфиболизации пород. Внедрение монцодиоритов и сиенитов 2 фазы сопровождается щелочным метасоматозом с образованием роговой обманки, Ba-содержащего K-полевого шпата, альбита, флогопита, апатита и сфена, которые накладываются на более ранние основные дифференциаты. В рудных пироксенитах количество апатита составляет 5-10 %, сфена 7-8 %.

Габбро и монцодиориты Сяргозерского комплекса секутся поздними жилами альбититов, которые приурочены к СВ разрывным нарушениям. Формирование альбititовых жил сопровождается образованием сопряженных низкотемпературных метасоматитов (эпидозитов). Они содержат эпидот, хлорит, кварц и акцессорный рутил по ильмениту. С этим процессом связано появление Cu-S рудной минерализации (табл. 1).

Таблица 1. Химический состав сульфидов.

Комп.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
S	36.13	36.18	26.84	34.66	33.53	34.89	27.72	25.77	27.87	24.30	21.86
Fe	30.54	30.43	11.02	13.89	15.04	13.75	11.68	12.73	11.37		
Cu	33.33	33.40	62.14	51.45	51.42	51.37	60.60	61.50	60.76	75.70	78.14
сумма	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Обр.	Ш-5	Ш-5	Ш-5	Ш-5	Ш-5	Ш-5	Ш-5	Ш-5	Ш-7	Ш-7	Ш-7
Уч.	3_1	16_2	3_2	4_1	6_1	6_2	17_2	19_3	22_1	3_1	18_6

Примечание: 1-2 – халькопирит, 3-9 – борнит, 10-11– халькозин. Породы: 1-8 – пироксенит, 9-11 – габбро.

Зоны эпидотизации представлены гнездами и жилами. В эпидозитах установлены тонкие прожилки с сульфидами меди, представленными халькопиритом, борнитом (табл. 2, рис. 1/1). В срастании с борнитом встречаются небольшие зерна электрума (до 8-15 мкм, Ag 31.44-35.28 %, рис. 1/2-3; табл. 2), галенита, цумоита (BiTe) и самородного Bi. В халькопирите обнаружены микровключения Ag (1-5 мкм) и Te (рис. 1/5), реже гринокита. Очень редко с Cu-S ассоциацией встречаются клаусталит и касситерит. В зоне гипергенеза в измененных габбро борнит полностью замещается халькозином, который затем окисляется с образованием тенорита и гематита.

В пироксенитах установлены также минералы ЭПГ. Встречается мончеит в акцессорном количестве (рис. 1/4; табл. 2). Среди сульфидов обнаружены единичные удлиненные кристаллы кейтконнита $(PdPtCu)_3Te$ (рис. 1/2; табл. 2) в амфиболе. Эти минералы образуются при относительно высоких температурах и, возможно, относятся к более ранней (магматической) рудной ассоциации.

Таблица 2. Химический состав редких и акцессорных минералов.

Элемент	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Pd	23.43												
Pt	10.20	33.74	33.39										
Te	64.65	66.26	66.61						40.30	100			
Cu	1.72												
Ag				31.44	35.28	34.44	34.02					100	
Au				68.56	64.72	65.56	65.98						
Bi									59.70		100		
Pb								76.41					
Se								23.59					
Cd													48.90
S													51.10
сумма	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Обр.	Ш-5	Ш-5	Ш-5	Ш-5	Ш-5	Ш-5	Ш-5	Ш-5	Ш-7	Ш-5	9506	Ш-5	9506
Уч.	18_1	13_1	13_2	5_1	5_2	7_1	17_1	11_1	12_1	7_1	5_1	21_1	8_1

Примечание: 1 – кейтконнит, 2-3 – мончеит, 4-7 – электрум, 8 – клаусталит, 9 – цумоит, 10 – теллур, 11 – висмут, 12 – серебро, 13 – гринокит. Порода: 1-8, 10-13 – пироксенит, 9 – габбро.

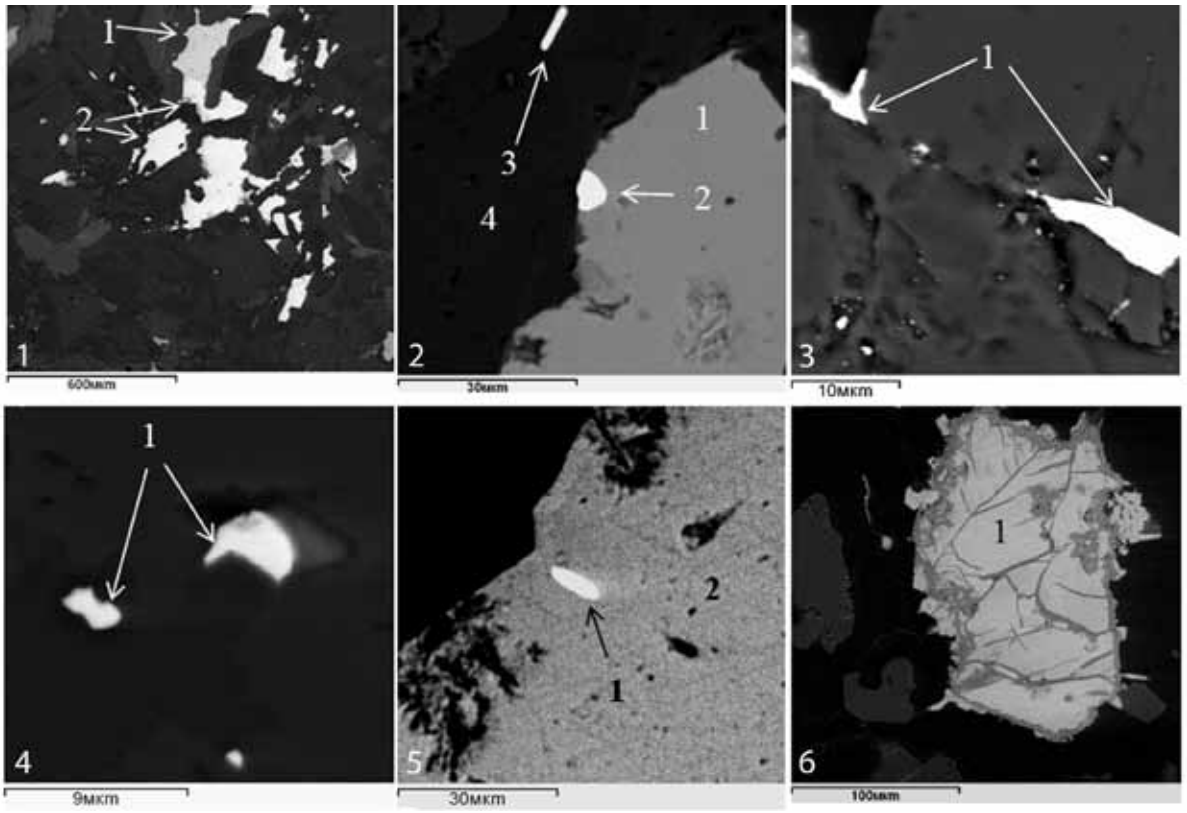


Рис. 1. Сульфиды, электрум и минералы ЭПГ из пироксенитов и габбро Сяргозерского умереннощелочного комплекса. 1 – халькопирит (1) с борнитом (2); 2 – борнит (1), электрум (2), кейтконнит (3), амфибол (4); 3 – электрум; 4 – мончеит в амфиболе; 5 – самородный теллур (1) в халькопирите (2); 6 – окисление халькозина (1) с образованием гематита и тенорита.

Таким образом, установлено, что породы Сяргозерского умереннощелочного комплекса подвержены неоднократным метасоматическим преобразованиям, связанным: 1) с автометасоматозом, 2) внедрением монцодиоритов и сиенитов, 3) воздействием поздних альбититовых жил.

Pt и Pd входят в состав теллуридов (кейтконнит, мончеит), которые являются первичной магматической рудной ассоциацией ультрамафитовых дифференциатов. Наложенная Au-Cu-S минерализация связана с более низкотемпературными изменениями (эпидотизацией), вызванными воздействием поздних альбититовых жил. Электрум ассоциирует с халькопиритом, борнитом, висмутом, висмуто-теллуридами.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Лобач-Жученко С.Б., Роллинсон Х., Чекулаев В.П. и др. Геология и петрология архейского высококалиевого и высокомгнезильного Панозерского массива Центр. Карелии // Петрология. 2007. Т. 15. № 5. С. 493-523.
2. Слюсарев В.Д., Кулешевич Л.В., Павлов Г.М.и др. Субщелочной магматизм р-на Сяргозера // Геология и полезные ископаемые Карелии. 2001. № 3. С. 66-86.
3. Чекулаев В.П., Левченков О.А., Иваников В.В. и др. Состав, возраст и Sm-Nd систематика санукитоидов Панозерского массива // Геохимия. 2003. № 8. С. 817-828.
4. Bibikova E.V., Petrova A., Claersson S. The temporal evolution of sanukitoids in the Karelian craton, Baltic shield: an ion microprobe U-Th-Pb isotopic study of zircons // J. Lithos. 2005. V 79. P 129-145.
5. Lobach-Zhuchenko S.B., Rollinson H.R., Chekulaev V.P. et al. The Archean sanukitoid series of the Baltic shield: geological setting, geochemical characteristics and implications for their origin // J. Lithos. 2005. V 79. P 107-128.

НАУЧНЫЕ ОСНОВЫ ТЕХНОЛОГИИ НАПРАВЛЕННОГО ПОИСКА РЕДКИХ МИНЕРАЛОВ

Иванюк Г.Ю., Яковенчук В.Н., Пахомовский Я.А.
ГИ КНЦ РАН, ЦНМ КНЦ РАН, Апатиты, ivanyuk@ksc.ru

Мурманская обл. – уникальный уголок Земли, в котором на территории всего 145 тыс. км^2 сосредоточены разнообразные геологические комплексы с месторождениями Fe, Cr, Ti, Nb, Ta, Zr, Al, Sc, Li, Cu, Ni, Pt, Pd, Au, Ag, REE, P и S. В них достоверно установлено более 900 минеральных видов, более 250 из них здесь открыты. Это мировой рекорд. Изначально открытие минеральных видов осуществлялось геолагами-первопроходцами. Нельзя не упомянуть В. Рамзая, А.Е. Ферсмана, Н.А. Лабунцова, Е.И. Семёнова. Но в конце прошлого века этот вид минералогических исследований почти полностью сконцентрировался в руках небольшого числа исследователей: Ю.П. Меньшикова, А.П. Хомякова, А.В. Волошина, Н.В. Чуканова, И.В. Пекова, А.Ю. Баркова, С.Н. Бритвина, Р.П. Лиферовича, авторов статьи и др., которых можно назвать «охотниками за новыми минералами».

Каждый из них, имея свою специализацию – «щелочную», «карбонатитовую», «платиновую» и т.д. – достаточно универсален и отличился не только на своих объектах, но и на соседних, порой удалённых пространственно и генетически. Очевидно, в основе успешного поиска новых минеральных видов лежит не удача, а глубокое, хотя порой и интуитивное, понимание закономерностей локализации редких минералов в геологических комплексах. Первые попытки выразить такое понимание в виде научного обобщения предпринял А.П. Хомяков в работах по минеральному разнообразию щелочных массивов [8, 9 и др.], где отстаивает идею ограниченности числа минеральных видов в щелочных комплексах лишь числом комбинаций между химическими элементами.

Наш опыт изучения редких, в том числе ранее не известных минералов в гранитных пегматитах, породах полосчатой железорудной формации (ПЖФ), щелочных и щёлочно-ультраосновных массивах показывает, что число таких фаз ограничивается не только и не столько химическим составом комплексов, но также размером и историей формирования объекта. Знакомство с теорией самоорганизованной критичности П. Бака [5] позволило понять причины такой закономерности и заложить научные основы технологии направленного поиска редких минералов и новых видов, в частности [2, 6, 7] [1].

Согласно теории самоорганизованной критичности (СОК), большинство природных систем без специального внешнего воздействия приходит в критическое состояние, поддерживаемое событиями разных масштабов. Наиболее простой моделью СОК-системы является модель песчаной кучи. Для построения численной модели возьмём плоскую квадратную площадку, на которую случайным образом падают песчинки. Из-за трения песчинки сцепляются, и на поверхности формируется куча. Добавление отдельной песчинки может привести к тому, что она скатится на более низкий уровень, а это может заставить скатиться одну или несколько песчинок, лежащих рядом с местом падения. В конце концов склоны достигнут критического наклона, и в дальнейшем число добавляемых песчинок будет динамически сбалансировано с числом песчинок, покидающих поверхность. Количество песчинок, скатывающихся и образующих «лавину» после добавления новой песчинки, будет разным. Иногда упавшая песчинка будет оставаться в месте падения, чаще это вызовет микролавину, и совсем редко добавление одной песчинки приведёт в движение всю поверхность конуса. В итоге распределение лавин по размеру будет иметь степенной характер с показателем порядка -1.06 [1]. Главное заключается в том, что какой бы большой ни была «лавина», для её формирования не нужно специальных механизмов – «лавины» всех масштабов возникают после одинакового события: падения очередной песчинки.

Известно, что зависимость числа месторождений данного полезного ископаемого от их размера также отвечает степенному закону с некоторым отрицательным показателем [1, 4 и др.]. Это означает, что число крупных и гигантских месторождений строго лимитировано размером и возрастом Земли. Для нас важно то, что аналогичные степенные распределения характерны для менее масштабных геологических объектов (провинций, месторождений, рудных тел и т.д.) и встречаемость минералов (в целом и редких) тоже зависит от размера объекта.

---

[1] Необходимость в такой технологии обусловлена тем, что многие открываемые в щелочных массивах минералы являются прототипами функциональных материалов нового поколения: ловозерский зорит лег в основу микропористых сорбентов ETS-серии, хибинский ситинакит – наиболее эффективного на сегодняшний день титаносиликатного ионообменника IONSIV IE-911 и т.д. [3].

Так, зависимость числа кольских месторождений железистых кварцитов от их размера (запасов Fe) имеет степенной вид с показателем -0.7, числа рудных тел железистых кварцитов в пределах отдельного месторождения от их площади на дневной поверхности – с показателем -0.8, числа массивов Кольской щелочной провинции от их площади – с показателем -0.5, а числа хибинских месторождений от запасов апатито-нефелиновых руд – с показателем -0.7 [2]. В соответствии с СОК-теорией, встречаемость указанных объектов также возрастает по степенному закону по мере упрощения их минерального состава, вследствие чего наиболее крупные массивы (в частности, Хибинский в Кольской щелочной провинции), месторождения (Кукисвумчорр-Юкспоррское в Хибинском массиве, Оленегорское в Приимандровской железорудной структуре и т.д.) и даже отдельные рудные тела в их пределах характеризуются наиболее сложным минеральным составом и включают наибольшее число открытых в них минеральных видов по сравнению с аналогичными объектами меньшего размера (рис. 1). Также известно, что наиболее крупные месторождения (в нашем случае Кукисвумчорр-Юкспоррское и Оленегорское) характеризуются наиболее богатыми рудами, сложенными минералами с минимальным содержанием микропримесей (рис. 2). Уже одно это наводит на мысль о том, что общее минеральное разнообразие этих объектов связано с самоочищением руд и слагающих их минералов от микропримесей, и это полностью подтверждается данными минералогического картирования [7].

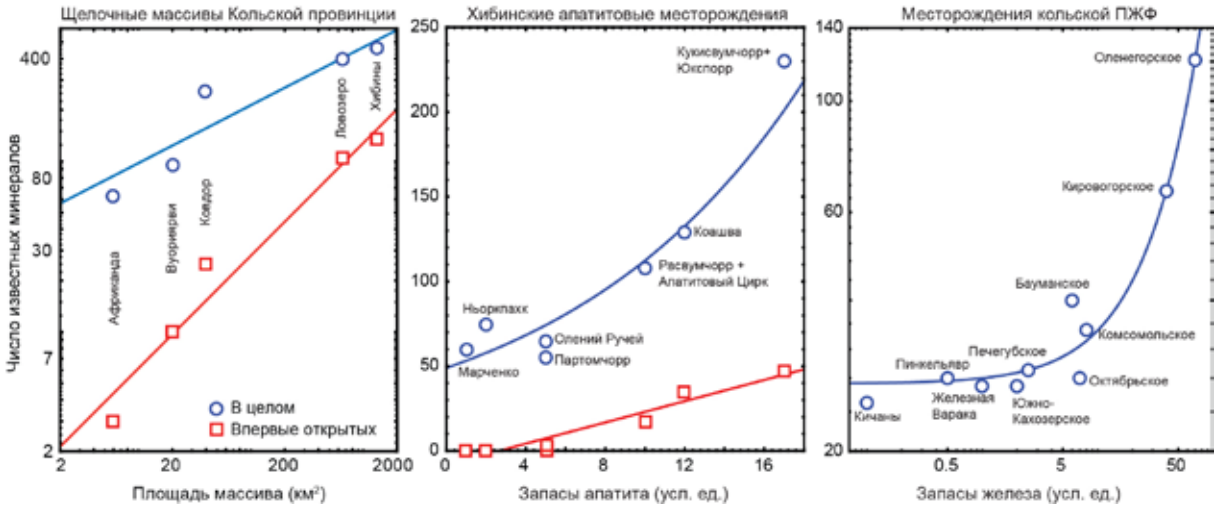


Рис. 1. Зависимость числа достоверно установленных и впервые открытых на данном объекте минералов от размера объекта.

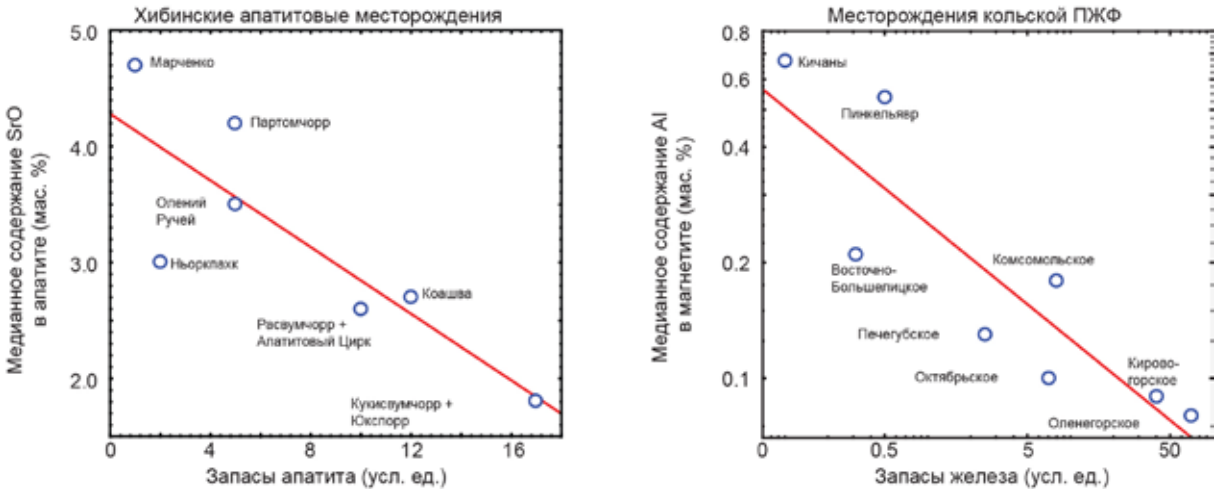


Рис. 2. Зависимость состава добываемого минерала от размера месторождения.

В качестве примера рассмотрим график изменения минерального состава пород Хибинского массива по профилю от его восточного контакта с протерозойскими метавулканитами через апатитовое рудопроявление Пик Марченко, центр массива и месторождение Коашва к ЮВ контакту с вмещающими архейскими гранитогнейсами (рис. 3). На кривой изменения среднего числа минералов в отдельно взятом образце

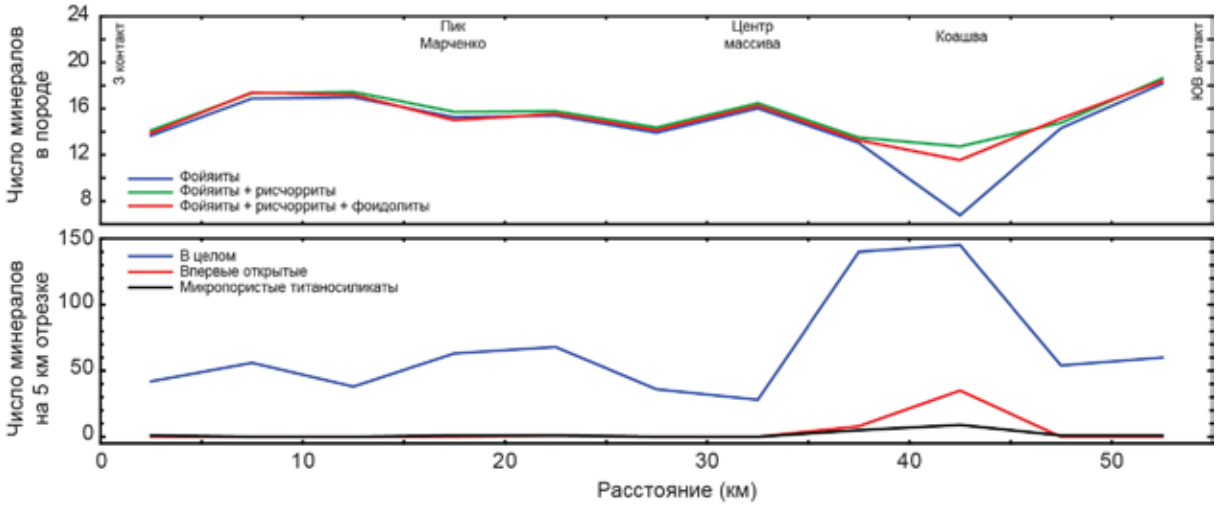


Рис. 3. Изменение числа минералов по профилю через Хибинский массив.

проявились менее (Пик Марченко) и более (Коашва) интенсивные минимумы, сопровождающиеся максимумами с аналогичным соотношением интенсивностей на кривой общего числа минералов на данном отрезке профиля, включая развитые здесь пегматиты, метасоматиты и гидротермалиты. На кривых изменения состава апатита и других минералов щелочных пород проявлены резкие минимумы содержания всех примесных элементов в районе апатитовых месторождений (статья Н.Г. Коноплёвой и др. в наст. сб.) [2]. Иными словами, в участках с наиболее примитивным модальным составом нефелиновых сиенитов и фоидолитов и химическим составом слагающих их минералов сосредоточены разнообразные тела пегматитов, гидротермалитов и метасоматитов, переполненных различными редкими минералами (статья В.Н. Яковенчука и др. в наст. сб.).

Аналогичные закономерности фиксируются и в пределах отдельных месторождений (рудных тел), это продемонстрировано [7] на примере Ковдорского комплексного месторождения магнетита, апатита и бадделеита (статья А.О. Калашникова и др. в наст. сб.). Здесь участки развития минералов группы квинтинита (слоистые двойные гидроксиды, используемые в нанотехнологиях) и эндемичных фосфатов также приурочены к участкам фоскоритов с наиболее примитивным минеральным составом пород и химическим составом промышленно-ценных минералов, что позволило обнаружить несколько новых проявлений этих минералов и получить интересные данные по структурным особенностям квинтинита [10].

Таким образом, можно сформулировать следующее правило: более крупный объект СОК-системы (массив, месторождение, рудное тело и т.д.) имеет более простой минеральный и химический состав пород, более примитивный химический состав породообразующих минералов, более высокое полное минеральное разнообразие и более длинный список открытых минералов и минералов – прототипов функциональных материалов. Используя его, только в пределах рассматриваемого хибинского профиля нам удалось открыть 8 новых минералов (рис. 3): чивруайит, пункаруайвит, иванюкит-Na, иванюкит-K, иванюкит-Cu, стронциофлюорит, полежаеваит-(Ce) и анкилит-(La) – прототипы уже созданных или разрабатываемых функциональных материалов.

Исследования проводились в рамках проекта 1.2.4 Программы РАН № 27 «Фундаментальный базис инновационных технологий прогноза, оценки, добычи и глубокой комплексной переработки стратегического минерального сырья, необходимого для модернизации экономики России».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Горяинов П.М., Иванюк Г.Ю. Самоорганизация минеральных систем. М.: Геос, 2001. 312 с.
2. Иванюк Г.Ю., 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. Николаев А.И., Иванюк Г.Ю., Кривовичев С.В. и др. Нанопористые титаносиликаты: кристаллохимия, условия локализации в щелочных массивах и перспективы синтеза // Вестник КНЦ РАН. 2010. № 3. С. 51-62.

[2] Аналогичные зависимости установлены и для других «сквозных» минералов Хибинского массива [2].

4. Пелисоннье А. О распределении меди, добываемой на Земле // Распространенность элементов в земной коре. М.: Мир, 1972. С. 242-251.
5. Bak P. How nature works. The science of self-organized criticality. Oxford University Press, 1997. 300 p.
6. Ivanyuk G., Yakovenchuk V., Pakhomovsky Ya. et al. Self-organization of the Khibiny alkaline massif (Kola Peninsula, Russia) // Earth Sci. Ed. Imran Ahmad Dar. INTECH, 2012. P. 131-156.
7. Ivanyuk G.Yu., Yakovenchuk V.N., Pakhomovsky Ya.A. Where are new minerals hiding? The main features of rare mineral localization within alkaline massifs // Minerals as advanced materials II. Ed. S.V. Krivovichev. Berlin-Heidelberg: Springer-Verlag, 2011. P. 13-24.
8. Khomyakov A.P. Mineralogy of hyperagpaitic alkaline rocks. Oxford: Clarendon Press, 1995. 223 p.
9. Khomyakov A.P. The largest source of minerals with unique structure and properties // Minerals as advanced materials I. Ed. S.V. Krivovichev. Berlin-Heidelberg: Springer-Verlag, 2008. P. 71-77.
10. Krivovichev S.V., Yakovenchuk V.N., Zolotarev A.A. Jr. et al. Cation ordering and superstructures in natural layered double hydroxides // Chimia. 2010. V 64. P 730-735.

ПРОГНОЗ И ПЕРВЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ МИНЕРАЛИЗАЦИИ ЗОЛОТА В МЕТАМОРФИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСАХ КОЛЬСКОГО ПОЛУОСТРОВА

Калинин А.А., Карпов С.М.

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

Взлет мировых цен на благородные металлы в начале XXI в., в первую очередь на Au, привёл к активизации исследований в области генезиса месторождений Au в странах американского континента, Австралии и в Европе. В результате разработана классификация золоторудных месторождений, учитывающая их геотектоническую позицию, связь с интрузивными образованиями, условия регионального метаморфизма рудовмещающих комплексов, особенности метасоматических изменений околорудных пород, геохимические характеристики золоторудных объектов [11, 12, 18 и др.]. Приложение этих разработок к СВ части Фенноскандинавского щита позволило выделить новые типы золоторудной минерализации в Кольском регионе, наметить наиболее перспективные участки и рекомендовать их для постановки поисковых работ.

В истории Земли выделяется три эпохи, с которыми связано формирование абсолютного большинства золоторудных месторождений: позднеархейская (2800-2550 млн. лет), раннепротерозойская (2100-1800 млн. лет) и фанерозойская (< 600 млн. лет) [10]. Обнаружение объектов двух докембрийских эпох можно ожидать в СВ части Фенноскандинавского щита. В пределах докембрийских щитов мира преобладающими генетическими типами месторождений Au являются:

- орогенический мезотермальный (мезозональный) – orogenic mesothermal (mesozonal),
- связанный с интрузиями (в т.ч. с интрузиями порфиров) – intrusion related,
- колчеданный – VMS.

Кроме того, значительная доля добычи Au в докембрии приходится на месторождения типа Витватерсранд (палеороссыпи с кварцевыми конгломератами), хотя количество объектов такого типа в мире невелико. Другие типы месторождений Au, а именно эпитермальные вулканогенные и типа Карлин, формировались в фанерозое, а в докембрии есть отдельные объекты, лишь предположительно отнесенные к метаморфизованным месторождениям названных типов.

Условия, благоприятные для формирования орогенических месторождений [6]: 1 – геодинамическая обстановка активной континентальной окраины (аккреционный террейн); 2 – структурная позиция – сдвиговые деформации коллизионного этапа развития, «шир-зоны»; 3 – уровень метаморфизма от нижней части зеленосланцевой фации до нижней части гранулитовой, наиболее предпочтителен зональный метаморфизм с переходом от амфиболитовой фации к зеленосланцевой; 4 – интрузии средне-кислого состава до лампрофиров, гранитные батолиты зон континентальных окраин на глубине; 5 – вмещающие породы – метавулканиты, чаще всего основные, чередующиеся с метаосадками, преимущественно граувакками.

Орогенические месторождения формировались на пике метаморфизма или, чаще, регрессивной стадии регионального метаморфизма при P = 0.5-4.5 кбар, T = 220-600 °C. Источник металлов – предположи-

тельно коровый, это породы субдуцирующей земной коры, вмещающие супракрустальные комплексы метаморфических поясов, а также, возможно, батолиты гранитоидов. Источник тепла – субдуцирующая земная кора и, вероятно, гранитоидные батолиты. Растворы/флюиды имеют метаморфогенное происхождение.

Орогенические мезозональные месторождения в зоне зеленосланцевого метаморфизма проявляются чаще всего в виде системы кварц-карбонатных жил в вулканогенно-осадочных метаморфизованных комплексах. Структурная позиция орогенических месторождений – тектонические нарушения 2-го, 3-го и более высоких порядков. Вмещающие породы отличаются большим разнообразием, наиболее обычны основные и ультраосновные вулканиты, богатые железом дифференцированные силы толеитовых габброидов, гранитоидные интрузии.

Основные жильные минералы – кварц, кальцит, доломит, анкерит и сидерит, обычны светлые слюды, хлорит, турмалин, иногда шеелит. Сульфидные минералы составляют менее 5-10 %. Рудные минералы, кроме Au – пирит, пирротин, халькопирит; зональность распределения отсутствует. Арсенопирит характерен для пород, метаморфизованных в амфиболитовой фации, и месторождений в кластических осадках. В небольших количествах отмечаются молибденит и теллуриды.

Для орогенических мезозональных месторождений характерна хорошо проявленная латеральная и слабо выраженная вертикальная зональность околорудных метасоматических изменений и распределения рудных элементов. В региональном масштабе обычным метасоматическим изменением пород карбонат-кварцевых жильных месторождений является карбонатизация вдоль главной зоны разлома и структур более низких порядков. В распределении измененных пород есть зональность: во внутренних зонах развиваются карбонаты Fe, серицит, а вблизи жил – сульфиды, обычно пирит, реже арсенопирит. Породы обогащаются CO_2, K_2O, S, выносится Na_2O. Во внешних зонах развиваются хлорит, кальцит, иногда магнетит. Типичная геохимическая ассоциация: Au, Ag, As, B, Bi, Sb, Te, W при близких к фоновым или слабо повышенных содержаниях цветных металлов.

В породах амфиболитовой фации метаморфизма (орогенические гипозональные месторождения) в зонах изменения развиваются биотит, амфибол, пирит, пирротин, арсенопирит, при ещё более высоких параметрах метаморфизма – биотит-флогопит, диопсид, гранат, пирротин и/или арсенопирит, полевые шпаты, кальцит, клиноцоизит, т.е. породы, по составу сходные с золотоносными скарнами. В отличие от мезозональных месторождений, для гипозональных характерна не жильная, а вкрапленная минерализация.

Для формирования месторождений Au, связанных с интрузиями, благоприятны следующие условия [12, 13, 18]: геодинамическая обстановка – океаническая островная дуга, активная континентальная окраина (аккреционный террейн) или внутриконтинентальные рифтовые зоны; структурная позиция – зоны сдвиговых деформаций коллизионного этапа развития, служащие каналами для внедрения штоков гранитоидов; уровень метаморфизма – преимущественно зеленосланцевая фация; интрузии средне-кислого состава, часто порфировой текстуры, лампрофиры, рои даек этих пород; гранитные батолиты континентальных окраин на глубине; вмещающие породы – интрузии порфиров, метавулканиты и метаосадочные породы.

Месторождения, связанные с интрузиями, формировались на регрессивной стадии метаморфических циклов при P = 0.5-1.5 кбар, T = 220-700 °C. Для них характерны слабо выраженная вертикальная и хорошо проявленная латеральная зональность околорудных метасоматитов, геохимическая ассоциация включает Au, Ag, As, B, Bi, Sb, Sn, Te, W, а также Pb и Zn во внешних зонах ореолов. Источник металлов – предположительно коровый, это породы субдуцирующей земной коры, вмещающие супракрустальные комплексы метаморфических поясов, а также, возможно, батолиты гранитоидов. Источник тепла – субдуцирующая земная кора и гранитоидные батолиты. Рудоносные растворы/флюиды имеют магматогенное происхождение. Эти месторождения во многом сходны с орогеническими мезозональными, отнесение конкретного объекта к тому или иному типу часто затруднительно.

Связанные с интрузиями месторождения Au разделены на две большие группы в зависимости от окислительных ($\log fO_2 = -10\ldots-17$) или восстановительных условий ($\log fO_2 = -17\ldots-23$) формирования [13, 18]. К первой относятся месторождения, связанные с порфировыми интрузиями – золотосодержащие медные и медно-молибден-порфировые месторождения, где Au ассоциирует в первую очередь с халькофильными элементами. Во вторую включены золоторудные месторождения, связанные с интрузиями гранитов с W-Sn специализацией, где Au ассоциирует с литофильными металлами.

Генетические особенности связанных с интрузиями месторождений и их геолого-структурная позиция весьма разнообразны. Это вкрапленные и вкрапленно-прожилковые штокверковые руды в интрузивах и вмещающих породах, плитообразные жильные золотоносные тела различных уровней глубинности в пределах интрузива и во вмещающих породах, скарновые месторождения в случае карбонатных пород

среди вмещающих толщ, приповерхностные эпитермальные месторождения в аргиллитах в надинтрузивной части.

Латеральная зональность месторождений, связанных с порфировыми интрузивами, выражается в развитии калиевых минералов в тыловых зонах, кварц-серицитовых метасоматитов в средней части метасоматического ореола, пропилитизации пород во внешних зонах. Центральные зоны обогащены Cu, Mo, Ag, Au, во внешних отмечается геохимическая ассоциация Zn-Pb-Ag-Au-As-Sb-Hg±Cu. Для золоторудных месторождений, связанных с интрузиями гранитов с W-Sn специализацией, характерны мусковитизация и калишпатизация вмещающих пород, сопровождаемые карбонатизацией. Геохимическая зональность в месторождениях этой группы: центральные зоны содержат Au-Bi-Te-As-Mo-W, во внешних отмечаются As-Sb-Hg-Zn-Pb-Ag±Au.

Колчеданные золотоносные (Au-Cu) месторождения формируются в геодинамической обстановке задуговых бассейнов [7]. Месторождения преимущественно стратиформные, реже с секущим положением рудных тел. Вмещающие породы – метавулканиты от основного до кислого состава подводного трещинного излияния, сочетающиеся с терригенными метаосадочными породами. Месторождения чаще всего тяготеют к вулканическим центрам излияния кислых магм, неккам и дайковым телам средне-кислого состава. Уровень метаморфизма пород от зеленосланцевой до амфиболитовой фации. Характер метасоматических преобразований зависит от степени метаморфизма: при зеленосланцевом преобладают кварц-серицит-пирофиллитовые ассоциации, при более высокой степени метаморфизма – метасоматиты типа скелей. Таким образом, золотоносные колчеданные месторождения связаны с вулканогенно-осадочными комплексами, впоследствии метаморфизованными. Au в них связано с магматическим источником с последующим переотложением из вмещающих рудоносных пород в ходе метасоматических процессов в тек-

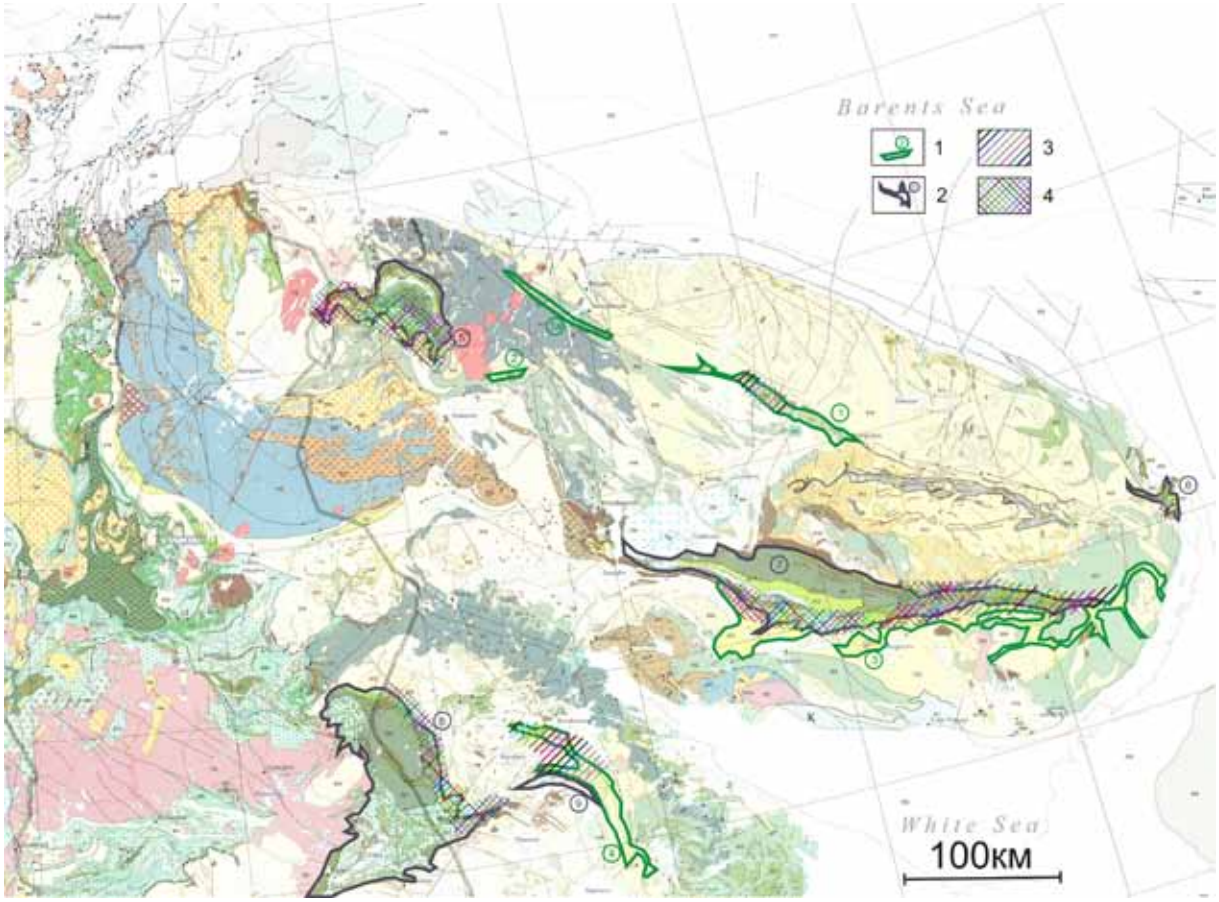


Рис. 1. Участки зонального регионального метаморфизма в зеленокаменных поясах архейского возраста и зеленосланцевых поясах раннего протерозоя в СВ части Фенноскандинавского щита. 1 – зеленокаменные пояса архейского возраста, 2 – зеленосланцевые пояса раннего протерозоя, 3 – слабо выраженная зональность метаморфизма в пределах амфиболитовой или переход от амфиболитовой к эпидот-амфиболитовой фации, 4 – хорошо проявленная зональность метаморфизма с переходом к зеленосланцевой фации Геологическая основа: Geological map of the Fennoscandinavian shield 1:2000000 (Koistinen T. et.al. Geological services of Finland, Norway and Sweden, MNR of Russia, 2001). Цифры в кружках, пояса: 1 – Колмозеро-Воронья, 1а – СЗ продолжение (Титовка – Ура-губа), 2 – Кеулик-Кинерим, 3 – Терский, 4 – Тикшеозерский, 5 – Печенгский, 6 – Усть-Понойский, 7 – Имандра-Варзуга, 8 – Салла-Куолаярвинский, 9 – Кукасозерский.

тонических зонах. Геохимическая ассоциация элементов: Au, Ag, Cu, реже Zn при повышенном фоне As, Sb, Bi, Pb, Se, Te, Hg.

Довольно большая группа месторождений Au в метаморфических поясах преимущественно позднеархейского возраста, включая объекты мирового класса, имеет особенности, не позволяющие их однозначно отнести к конкретному генетическому типу. Гровс и др. [12] выделяют их в группу «месторождений с аномальной ассоциацией металлов» (gold deposits with anomalous metal association). Многие из них проявляют признаки телескопирования: значительное число месторождений сформировалось в областях орогенеза при метаморфизме месторождений иного типа, например, связанных с интрузиями или колчеданных.

Учитывая приведённые характеристики преобладающих типов минерализации Au на докембрийских щитах, нами выполнен последовательный анализ геологических структур Кольского региона на основе геологической карты Фенноскандинавского щита 1:2000000 [9] (рис. 1-4). При анализе использованы литературные данные об известных в СВ части Фенноскандинавского щита проявлениях золоторудной и колчеданной минерализации, а также результаты собственных исследований 2010-2011 гг. Выделены геологические структуры, наиболее перспективные на обнаружение Au, намечены участки для первоочередной постановки поисково-оценочных работ.

Геологические комплексы, в составе которых преобладают метавулканиты основного состава, чередующиеся с метаосадками, преимущественно граувакками, сформировавшиеся в благоприятной геодинамической обстановке и претерпевшие геологические события в период главных докембрийских «золоторудных эпох» (2800-2550 и 2100-1800 млн. лет) включают зеленокаменные пояса позднеархейского возраста (3.00-2.75 млрд. лет: пояс Колмозеро-Воронья с его СЗ продолжением Титовка – Ура-губа, Кеулик-

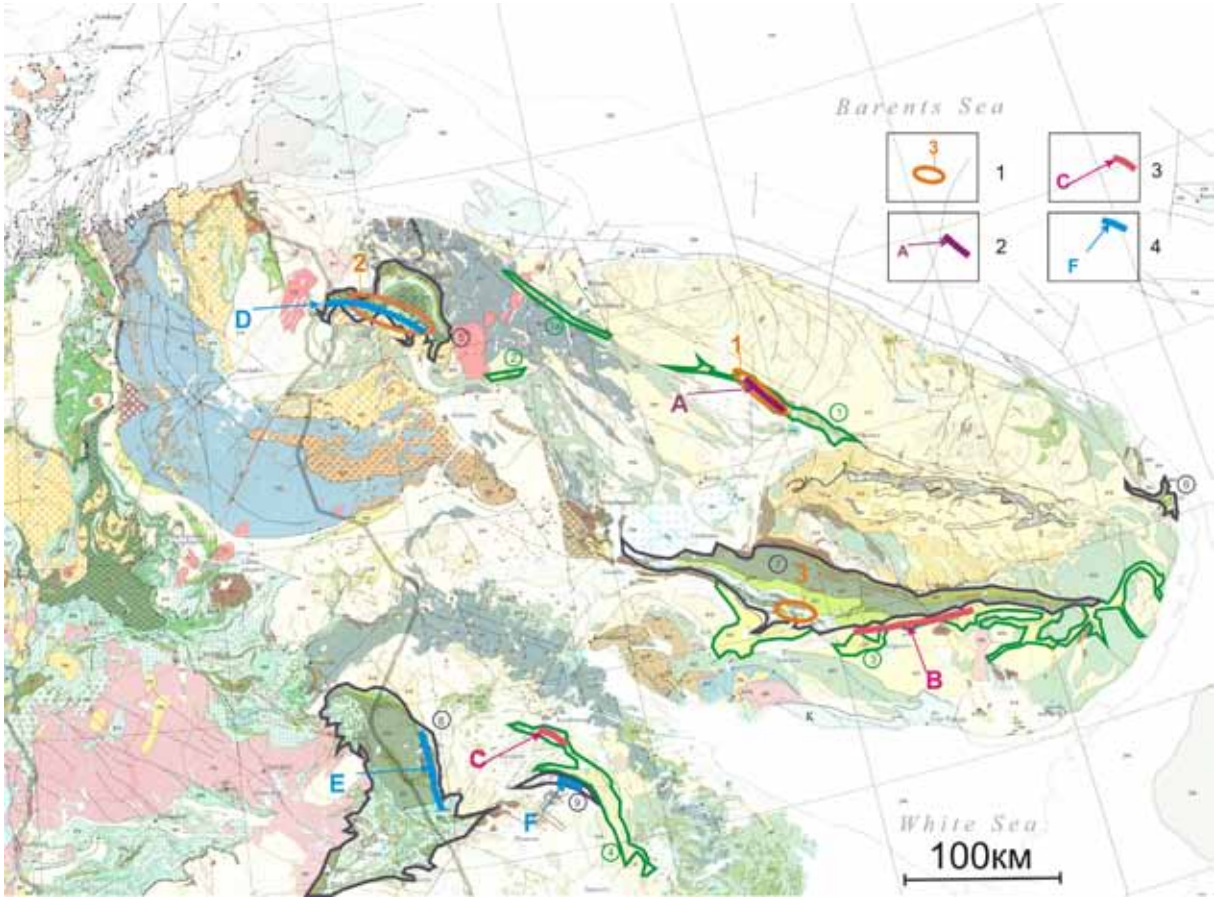


Рис. 2. Участки развития интрузий кварцевых порфиров и основные зоны развития региональных метасоматитов в зеленокаменных структурах СВ части Фенноскандинавского щита. 1 – участки развития интрузивов порфиров среднекислого состава и их номера: 1 – пеллапахкский комплекс, 2 – брагинский и порьиташский комплексы, 3 – панареченской комплекс; 2-4 – зоны проявления региональных метасоматитов: 2 – позднерхейского возраста, A – щёлочно-редкометальные, кислотные и основные метасоматиты Вороньих тундр, 3 – неопределённого возраста, возможно, поздний архей или ранний протерозой, B – зоны смятия южного обрамления пояса Имандра-Варзуга, C – скаполитовые и гранат-кварцевые метасоматиты Тикшеозерского пояса, 4 – раннепротерозойского возраста, D – южно-печенгская зона развития метасоматических кварцитов, E – альбититы и сопряжённые с ними кислотные и основные метасоматиты восточного фланга Салла-Куолаярвинского пояса, F – метасоматические кварциты Кукасозерского пояса.

Кинерим, Терский и Тикшеозерский) и зеленосланцевые пояса раннего протерозоя (2.50-2.06 млрд. лет: Печенгская, Усть-Понойская, Имандра-Варзугская, Салла-Куолаярвинская и Кукасозерская зоны).

Наиболее часто месторождения Au связаны с породами, метаморфизованными в условиях зеленосланцевой фации регионального метаморфизма (90 % Au, добываемого в мире из метаморфических комплексов [14]), хотя известны месторождения и в более интенсивно метаморфизованных комплексах, вплоть до нижней части гранулитовой фации. Связь золоторудных месторождений именно с зеленосланцевой фацией определяется рядом причин. Во-первых, при температуре, близкой к 400 °С, происходит смена пластичных деформаций на хрупкие, и при появлении трещин в породе происходит резкое падение давления, а при снижении давления на ~200 МПа растворимость Au в растворах/флюидах падает сразу на 90 % [14]. Во-вторых, при этой же температуре изменяются условия миграции Au: выше 400 °С Au переносится в виде комплексов с хлором $AuCl^{2-}$, ниже – в виде комплексов с серой $Au(HS)^{2-}$, Au(HS) и др. [21]. В третьих, температура 400 °С близка к критической точке воды, изменение её свойств как основы флюида приводит к осаждению из раствора сульфидов Au, очень чувствительного к снижению концентрации S в растворе [16]. Всё это подчеркивает важность перехода от амфиболитовой фации к зеленосланцевой, Поэтому в качестве одного из важных признаков мы указали участки зонального метаморфизма (на основе [4]), особо выделив участки с переходом от амфиболитовой к зеленосланцевой фации (рис. 1). Такие участки есть в Печенгской зоне, средней части зоны Имандра-Варзуга, на восточном фланге Салла-Куолаярвинского пояса и в Усть-Понойской зоне.

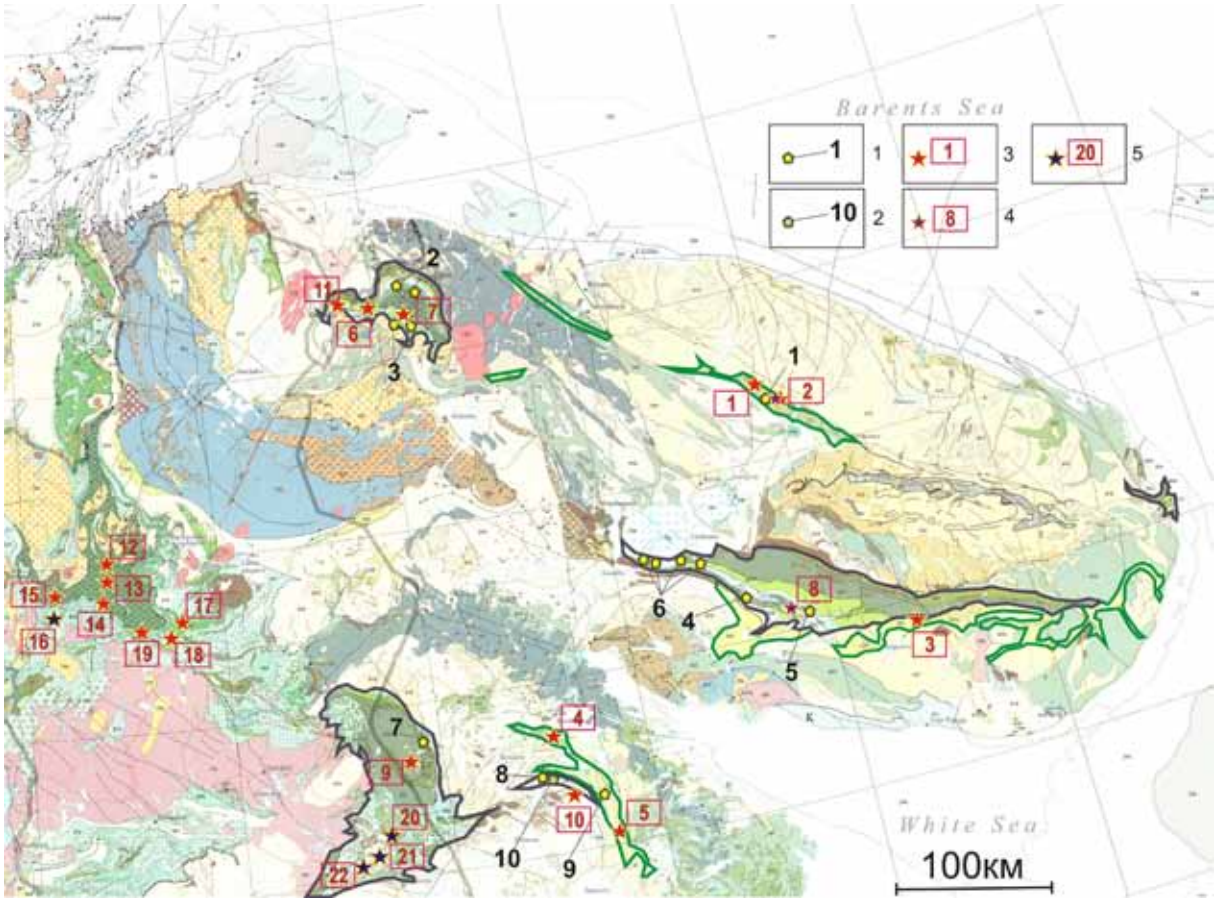


Рис. 3. Проявления серноколчеданных, медноколчеданных руд в Кольском регионе и рудопроявления золота в СВ части Фенноскандинавского щита. 1-2 – колчеданные рудопроявления: 1 – серноколчеданные 2 – медноколчеданные; 3-5 – рудопроявления Au: 3 – орогенического типа, 4 – связанные с интрузиями, 5 – орогенические с аномальной ассоциацией металлов. Колчеданные проявления: 1 – г. Няльмчечуайв, 2 – рудного поля Печенги, 3 – Брагинская группа проявлений, 4 – Проявление участка Соленых озер, 5 – Панареченское, 6 – Прихибинская группа проявлений, 7 – Алим-Курсуярви, 8 – о-ва Кукас-озера, 9 – г. Винча, 10 – Хирвинаволок. Рудопроявления Au: 1 – Оленинское, 2 – Няльм-1 и Няльм-2, 3 – Ворговый, 4 – В. Кичаны, 5 – Рябоярви, 6 – Пороярви, 7 – Брагинская группа проявлений, 8 – Панареченское, 9 – Майское, 10 – Крестовое оз., 11 – Гьеддеванет (Gjeddevannet) 12 – Куотко (Kuotko), 13 – Суурикуусикко (Suurikuusikko), 14 – Хирвилаванмаа (Hirvilavanmaa), 15 – Саттопора (Saattopora), 16 – Лауттаселька (Lauttaselka), 17 – Пахтаваара (Pahtavaara), 18 – Кааресселька (Kaaresselka), 19 – Кутувуома (Kutuvuoma), 20 – Юомасуо (Juomasuo), Хангаслампи (Hangaslampi) и Похьясваара (Pohjasvaara), 21 – Сиваккахарью (Sivakkaharju), 22 – Коуверваара (Kouvervaara).

Общей чертой многих орогенических, колчеданных и связанных с интрузиями месторождений Au является наличие на участках их развития порфиров средне-кислого состава – крупных интрузий и даек, нередко роёв даек, которые могут иметь прямую генетическую связь с проявлениями Au или такой связи не обнаруживать. В Кольском регионе участки развития порфировых интрузивов средне-кислого состава известны в поясе Колмозеро-Воронья (интрузия гранит-порфиров г. Пеллапахк, дайки кварцевых порфиров на Оленинском проявлении, диорит-порфиры г. Няльмчечуайв), Печенгском поясе (андезит-порфиры г. Порьиташ, малые тела брагинского комплекса) и поясе Имандра-Варзуга (Панареченская интрузия) (рис. 2).

Геологические структуры, контролирующие размещение минерализации Au – зоны смятия / рассланцевания метаморфических пород («шир-зоны») и зоны тектонических нарушений разрывного характера. Они имеют более высокую проницаемость по сравнению с окружающими их породами, а потому выступают как проводящие каналы для магматических расплавов и флюидов и сопровождаются значительной метасоматической проработкой вмещающих пород.

В пределах зеленокаменных структур архея и протерозоя Кольского региона нами выделены участки, где известны проявления региональных метасоматитов позднеархейского возраста (щёлочно-редкометальные, кислотные и основные метасоматиты Вороньих тундр), позднеархейского-раннепротерозойского (зоны смятия южного обрамления пояса Имандра-Варзуга, скаполитовые и гранат-кварцевые метасоматиты Тикшеозерского пояса) и раннепротерозойского возраста (южно-печенгская зона развития метасоматических кварцитов, альбититы и сопряженные с ними кислотные и основные метасоматиты восточного фланга Салла-Куолаярвинского пояса, метасоматические кварциты Кукасозерского пояса, рис. 2).

Серноколчеданные и медноколчеданные рудопроявления Карело-Кольского региона сами по себе не несут промышленного оруденения Au, в отличие от западной части Фенноскандинавского щита, где Au добывается в полиметаллических колчеданных месторождениях поясов Шеллефтео, Фалун и др. [19]. Но серноколчеданные и медноколчеданные руды могут служить источником S и Au орогенических месторождений [12], что подтверждается нашими находками самородного Au в серноколчеданных месторождениях Прихибинья. На рис. 3 показаны районы развития серноколчеданных и медноколчеданных руд в зеленокаменных структурах региона – проявление г. Няльмчечуайв в черных сланцах пояса Колмозеро-

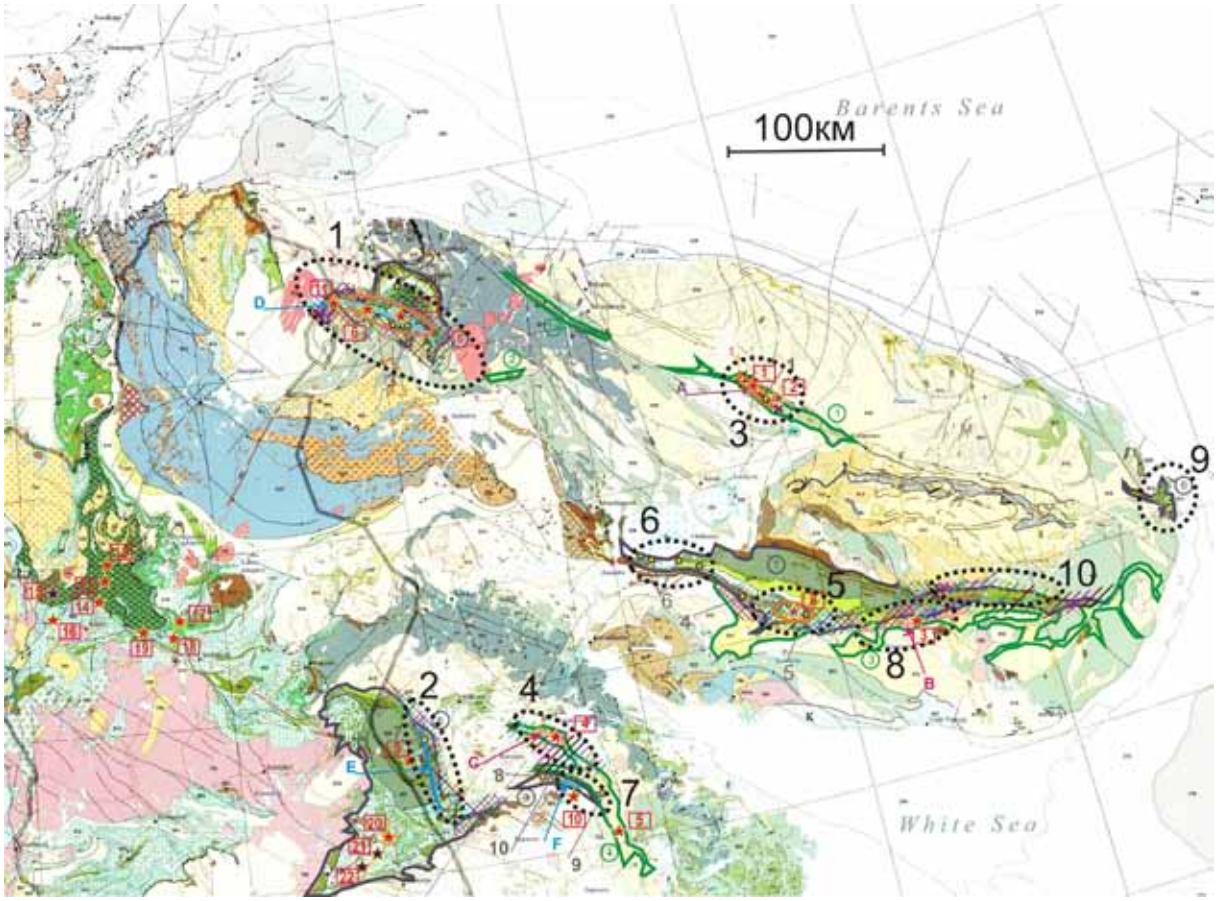


Рис. 4. Схема размещения перспективных на Au участков в Мурманской обл. Пояснения в тексте.

Воронья, рудного поля Печенги, Брагинская группа проявлений в Ю.-Печенгской структуре, проявление участка Соленых озер, Панареченское и Прихибинская группа проявлений в зоне Имандра-Варзуга, Алим-Курсуярви в Салла-Куолаярвинской зоне, о-ва Кукас-озера, г. Винча и единственное в регионе медноколчеданное проявление Хирвинаволок в Кукасозерской зоне.

Один из основных признаков перспективности геологической структуры на тот или иной вид полезного ископаемого – наличие уже известных проявлений. В СВ части Фенноскандинавского щита известно крупное месторождение Au мирового класса Суурикуусикко (разрабатывается, запасы 140 т Au), несколько мелких месторождений – Майское на границе Карелии и Мурманской обл. (добыто более 50 кг Au), Пахтаваара (разрабатывается, запасы 15 т Au) и Сааттопора (отработано, добыто 6,3 т Au), и ряд проявлений. Золоторудные объекты в России и в Сев. Карелии показаны на рис. 4 по [1, 3] и паспортам рудопроявлений Республики Карелия (интернет-сайт «Карелнедра»), рудопроявления и месторождения Финляндии и Норвегии – согласно [15]. Большинство известных золоторудных объектов региона относятся к типу орогенических месторождений – Оленинское и Няльм-2 в поясе Колмозеро-Воронья, рудопроявление Ворговый руч. в Терском поясе, проявления В. Кичаны и Рябоярви в Тикшеозерском поясе, проявления участка Пороярви и Брагинской группы в Ю.-Печенгской зоне, Майское в Салла-Куолаярвинской зоне, Крестовое оз. в Кукасозерской зоне. В Норвегии к этом типу относится проявление Гьеддеванет (Gjeddevannet) на западном продолжении Ю.-Печенгской зоны. В Сев. Финляндии к орогеническому типу отнесены месторождения Куотко (Kuotko), Суурикуусикко (Suurikuusikko), Хирвилаванмаа (Hirvilavanmaa), Пахтаваара (Pahtavaara), Кааресселька (Kaaresselka), Кутувуома (Kutuvuoma) в Ц.-Лапландском раннепротерозойском поясе.

Минерализация Au рудопроявлений Няльм-1 в поясе Колмозеро-Воронья и Панареченское в зоне Имандра-Варзуга проявляет генетическую связь с интрузивами средне-кислого состава, поэтому они отнесены нами к типу проявлений, связанных с интрузиями.

Ряд мелких месторождений и рудопроявлений Сев. Финляндии классифицирован как орогенические с аномальной ассоциацией металлов [8]: проявления в поясе Колари на западе Финской Лапландии, напр., Лауттаселька (Lauttaselka), мелкое отработанное месторождение Сааттопора (Saattopora) в Ц.-Лапландском поясе и проявления Au на ЮВ пояса Куусамо: Юомасуо (Juomasuo), Хангаслампи (Hangaslampi), Похьясваара (Pohjasvaara), Сиваккахарью (Sivakkaharju) и Коуверваара (Kouvervaara). По мнению некоторых, их следует отнести к формации IOCG (iron oxide-copper-gold formation) [17, 20].

Можно наметить перспективные участки для проведения поисково-оценочных работ на Au и ранжировать их с учётом совокупности геологических признаков, условий обнажённости и транспортной доступности (рис. 4).

1 – *Ю.-Печенгская структурная зона.* Здесь налицо признаки золотоносности, включая проявления Au в зонах развития метасоматических кварцитов. На участке Пороярви работы на Au ведёт ГГУП СФ «Минерал», исследования участка Брагино ведёт Геологический институт КНЦ РАН.

2 – *Курсуярви (восточный фланг Салла-Куолаярвинского пояса).* Этот участок проявляет черты геологического строения, аналогичные западной части того же пояса, где на территории Финляндии известен ряд мелких месторождений Au. Нашими рекогносцировочными работами выявлены минерализации с геохимической ассоциацией Cu-Co-U-Mo-Se-Te аналогично финским рудопроявлениям в западной части пояса, но известные содержания Au не превышают 1 г/т.

3 – *Вороньи тундры.* В СЗ части архейского зеленокаменного пояса Колмозеро-Воронья есть все признаки золотоносности докембрийских структур. Участок изучается, в т.ч. с участием Геологического института КНЦ РАН, в течение 40 лет. Здесь установлены 3 рудопроявления Au, одно из которых практически не изучено (Няльм-2), есть целый ряд других перспективных, но неизученных участков.

4 – *В. Кичаны.* В отличие от поясов Терского и Колмозеро-Воронья, Тикшеозерский пояс метаморфизован в условиях верхней части амфиболитовой фации, что снижает его перспективы, но здесь установлены орогенические гипозональные проявления Au. Проявления Au с содержанием до 30 г/т выявлены в амфибол-кварцевых метасоматитах, сопряженных со скарноидами в зонах смятия.

5 – *Панареченский.* Как и на Ю.-Печенгском участке, здесь отмечены все признаки золотоносности, Установленное рудопроявление Au относится к Au-Te типу, новому для Кольского региона [5].

6 – *Прихибинье*. Благоприятные признаки на этом участке – колчеданные рудопроявления и месторождения с тонкой минерализацией Au по границам арсенопирита и леллингита.

7 – *Восточный фланг Кукасозерской зоны*. Структура, где проявлены многие признаки золотоносности, выделена по геологическим характеристикам. Проявления Au известны к СЗ от участка и на про-

должении структуры к ЮВ на территории Республики Карелии. Часть структуры в составе Мурманской обл. с точки зрения золотоносности не изучалась.

8 – *Ворговый руч*. Рудопроявление выявлено в 1980-е гг. на территории, благоприятной по большинству геологических признаков. Зона остаётся слабоизученной в связи со слабой обнажённостью, значительной удалённостью и труднодоступностью.

9 – *Усть-Понойский*. Протерозойская зеленосланцевая структура с зональным метаморфизмом, в которой широко распространены гидротермальные жилы с Cu, Pb-Zn и баритовой минерализацией; в отношении Au изучена слабо.

10 – *оз. Романово*. Среди сланцев с наиболее высоким фоновым содержанием Au в Кольском регионе [2] установлены кварцевые конгломераты. Можно ожидать обнаружения минерализации типа палеороссыпей, а также золоторудных проявлений в «шир-зонах».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Вороняева Л. В. Геология и золотоносность Ю.-Печенгской структурной зоны. Автореф. дисс. к.г.-м.н. СПб: ВСЕГЕИ, 2008. 24 с.
2. Гавриленко Б.В., Предовский А.А., Басалаев А.А. и др. Фоновая золотоносность докембрийских осадочных и вулканических формаций Кольского региона // Геохимия. 1987. № 10. С. 1378-1385.
3. Калинин А.А., Кудряшов Н.М., Галкин Н.Н. Рудопроявления Au, Cu и Mo в зеленокаменном поясе Колмозеро-Воронья, Кольский п-ов: геологические особенности и возраст. // Золото Кольского п-ова и сопредельных регионов. Тр. Всерос. научн. конф. Апатиты, 26-29 сент. 2010 г. Апатиты: Изд-во K & M, 2010. С. 51-59.
4. Карта минеральных фаций метаморфических пород восточной части Балтийского щита / Ред. В.А. Глебовицкий. СПб: ВСЕГЕИ, 1991. 1 л.
5. Чернявский А.В., Войтеховский Ю.Л., Волошин А.В. и др. Рудные минералы Панареченского эпитермального малосульфидного Au-Ag месторождения // Золото Кольского п-ова и сопредельных регионов. Тр. Всерос. научн. конф. Апатиты, 26-29 сент. 2010 г. Апатиты, Изд-во K & M, 2010. С. 198-202.
6. Dube B., Gosselin P. Greenstone-hosted quartz-carbonate vein deposits // Ed. Goodfellow W.D. Mineral deposits of Canada: a synthesis of major deposit-types, district metallogeny, the mvolution of meological mrovinces and exploration methods: geological association of Canada, mineral deposits division. Spec. Publ. 2007. N 5. P 49-73.
7. Dube B., Gosselin P., Mercier-Langevin P. et al. Gold-rich volcanogenic massive sulphide deposits // Idid. P 75-94.
8. Eilu P. Fingold – a public database on gold deposits in Finland. Espoo, 2009.
9. Koistinen T., Stephens M.B. et.al. Geological map of the Fennoscandinavian shield. Scale 1:2000000. Geological services of Finland, Norway, and Sweden, MNR of Russia. 2001.
10. Goldfarb R.J., Groves D.I., Gardoll S. Orogenic gold and geologic time: a global synthesis // Ore geology reviews. 2001. V 18. P 1-75.
11. 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 reviews. 1998. V 13. P 7-27.
12. Groves D.I., Goldfarb R.J., Robert F. et al. Gold deposits in metamorphic belts: overview of current understanding, outstanding problems, future research and exploration significance // Econ. Geol. 2003. V 98. P 1-29.
13. Lang J.R., Baker T. Intrusion-related gold systems: the present level of understanding // Miner. Deposita. 2001. V 36. P 477-489.
14. Loucks R.R., Mavrogenes J.A. Gold solubility in supercritical hydrothermal brines measured in synthetic fluid inclusions // Science. 1999. V 284. P 2159-2163.
15. Eilu P., Hallberg A. et.al. Metallic mineral deposit map of the Fennoscandian shield. Scale 1:2000000. Geological services of Finland, Norway and Sweden, MNR of Russia. 2009.
16. Mikucki E.J. Hydrothermal transport and depositional processes in Archean lode-gold systems: a review // Ore geology reviews. 1998. V 13. P 307-321.
17. Niiranen T. Iron oxide-copper-gold deposits in Finland: case studies from the Peräpohja schist belt and the Central Lapland greenstone belt. Academic dissertation, University of Helsinki, Publ. of the Department of Geology, 2005. 27 p.
18. Robert F., Brommecker R., Bourne B.T. et al. Models and exploration methods for major gold deposit types // Ed. B. Milkereit. Proc. 5th Decennial Int. Conf. Miner. Exploration. 2007. P 691-711.
19. Sundblad K. Metallogeny of gold in the precambrian of Northern Europe // Econ. Geol. 2003. V 98. P 1271-1290.
20. Vanhanen E. Geology, mineralogy, and geochemistry of the Fe-Co-Au-(U) deposits in the Paleoproterozoic Kuusamo schist belt, NE Finland // Geol. Surv. Finland Bull. 2001. V 399. 229 p.
21. Zhu Y., An F., Tan J. Geochemistry of hydrothermal gold deposits: a review // Geosci. Frontiers. 2011. N 2(3). P 367-374.

МИНЕРАЛЫ БЛАГОРОДНЫХ МЕТАЛЛОВ В КОЛЧЕДАННЫХ РУДАХ ПИРРОТИНОВОГО УЩЕЛЬЯ, КОЛЬСКИЙ П-ОВ

Карпов С.М., Волошин А.В., Савченко Е.Э.

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

В 1930-х гг. на контакте Хибинского щелочного массива с Имандра-Варзугской структурной зоной (ИВСЗ) проводилась разведка пирротиновых руд. Было выявлено четыре месторождения и ряд рудопроявлений [1, 3]. Детальные минералогические исследования не проводились. В связи с этим главной задачей наших работ было изучение минерального состава, текстурных и структурных особенностей руд, также решались вопросы выявления минеральных форм благородных металлов, повышенные концентрации которых были выявлены ранее. В качестве первого объекта для исследования было выбрано месторождение Пирротиновое ущелье.

Материалом для исследований послужила коллекция образцов, характеризующая различные текстурные типы руд. Образцы отобраны главным образом из рудных штабелей технологической пробы, добытой из разведочных штолен. Единичные образцы отобраны при документации коренных выходов пород ИВСЗ на контакте с Хибинским массивом. Для изучения минерального состава руд из образцов изготовлено 40 аншлифов, которые исследованы с различной детальностью. Изучение рудных минералов проводилось на оптическом микроскопе Axioplan и сканирующем электронном микроскопе LEO-1450 с оценкой состава фаз с помощью энергодисперсионной приставки Röntec. Химический состав минералов размером более 20 мкм выполнялся с помощью волнодисперсионного электронно-зондового микроанализатора MS-46 Cameca.

Пирротиновое ущелье расположено на контакте Хибинского массива с породами ИВСЗ (рис. 1). В разрезе ИВСЗ принимают участие вулканогенно-осадочные толщи ильмозерской свиты, представленные чередованием метабазальтов с терригенно-сланцевым комплексом. Породы метаморфизованы в условиях зеленосланцевой фации биотит-хлорит-актинолитовой субфации [2]. Месторождение состоит из основного рудного тела пласто-линзообразной формы мощностью 2-11 м, прослежено по простиранию горными выработками до 200 м. Вмещающие породы – ороговикованные метаморфические сланцы, близ контакта со щелочными породами переходящие в роговики.

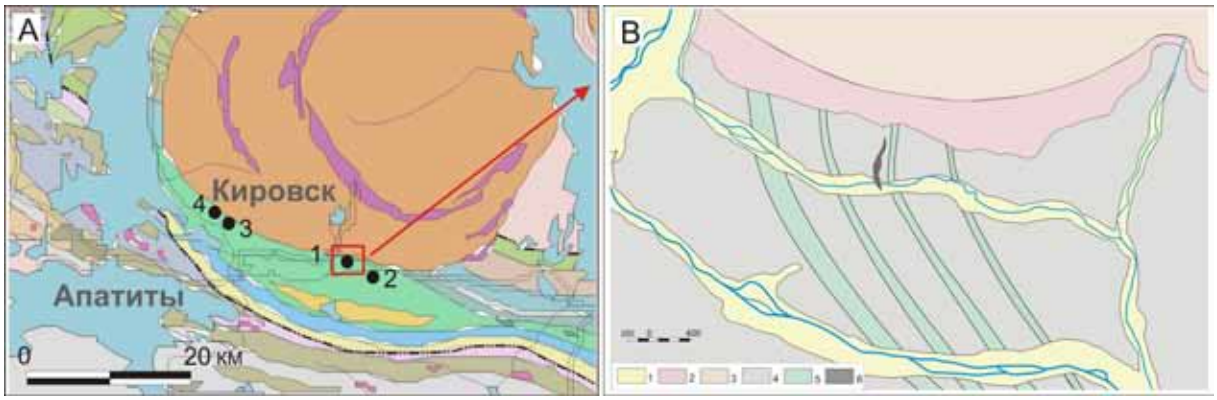


Рис. 1. Схема геологического строения района месторождения Пирротиновое ущелье. А. Фрагмент геологической карты под ред. Митрофанова Ф.П. [4], цифрами обозначены месторождения: 1 – Пирротиновое ущелье, 2 – Ловчоррйокское, 3-4 – Западные пирротины (3 – Основной участок, 4 – Тахтавумчорр).

В. Геологическая схема месторождения. 1 – мореные отложения; 2 – сиениты; 3 – хибиниты; 4 – метаморфические сланцы; 5 – метабазальты; 6 – рудное тело.

Наиболее распространены полосчатые, брекчиевидные и сетчато-вкрапленные руды. Полосчатые текстуры характеризуются чередованием тонких мелкозернистых сульфидных слойков и обогащённых кремнисто-углистым веществом полос. Слойки смяты в мелкие складки, что свидетельствует о пластичных деформациях на стадии седиментогенеза. Брекчиевидные текстуры наиболее распространены в колчеданных рудах и обусловлены наличием мелких (0.5-2 см) удлинённых линзовидных обломков тонкозернистых пород углисто-кремнистого состава в сульфидной среднезернистой массе. Обломки ориентированы параллельно друг другу, фиксируя ориентировку структурных элементов залегания. Сетчато-вкрапленный

тип оруденения обычно сопряжён со всеми остальными разновидностями и наблюдается в полевошпат-кварцевых субсогласных образованиях, а также секущих прожилках того же состава. На сегодня в колчеданных рудах установлено более 40 минеральных видов и фаз, большая часть из которых выявлена нами впервые (табл. 1).

Таблица 1. Минералы колчеданного месторождения Пирротиновое ущелье.

Минералы	Формула	Минералы	Формула
Золото	**Au**	Диопсид	$CaMgSi_2O_6$
Серебро	**Ag**	Апатит	$Ca_5[(PO_4)_3(OH, F, Cl)]$
Графит	C	Титанит	$CaTiO(SiO_4)$
Пирротин	Fe_7S_8	Рутил	TiO_2
Пирит	FeS_2	Ильменит	$FeTiO_3$
Ульманнит	NiSbS	**Браннерит**	$\mathbf{(U,Pb)(Ti,Fe)_2O_6}$
Брейтгауптит	**NiSb**	**Бастнезит**	$\mathbf{CeCO_3F}$
Марказит	FeS_2	**Ксенотим (Y)**	$\mathbf{YPO_4}$
Арсенопирит	**FeAsS**	**Монацит (Ce)**	**CePO4**
Лёллингит	$\mathbf{FeAs_2}$	**Кульсонит**	$\mathbf{FeV_2O_4}$
Саффлорит	$\mathbf{CoAs_2}$	**Карелианит**	$\mathbf{V_2O_3}$
Сфалерит	ZnS	**Голдманит**	$\mathbf{Ca_3V_2[SiO_4]_3}$
Халькопирит	$CuFeS_2$	**Гроссуляр**	$\mathbf{Ca_3Al_2[SiO_4]_3}$
Галенит	**PbS**	**Шерл**	$\mathbf{NaFe_3Al_6[(BO_3)_3Si_6O_{18}](OH,F)}$
Пентландит	$(Ni,Fe)_9S_8$	Микроклин	$K[AlSi_3O_8]$
Молибденит	MoS_2	Кварц	SiO_2
Алтаит	**PbTe**	Альбит	$Na[AlSi_3O_8]$
Гессит	$\mathbf{Ag_2Te}$	Кальцит	$CaCO_3$
Садбериит	**(Pd, Ni)Sb**	**Сидерит**	$\mathbf{FeCO_3}$
Пираргирит	$\mathbf{Ag_3SbS_3}$	**Оксиды U-Pb**	**U-Pb -O**
Аргентопентландит	$\mathbf{Ag(Fe, Ni)_8S_8}$	**Mph 1**	$\mathbf{(Fe,Cu,Ag)_3Pb[SbS_4]}$
Стефанит	$\mathbf{Ag_5[SbS_4]}$		

Примечание: жирным шрифтом выделены минералы, установленные нами впервые.

Главный минерал руд – пирротин, определяющий серноколчеданную формационную принадлежность месторождения. Распространённым минералом является графит, в количестве до 10 %. В рудах везде присутствуют сфалерит, халькопирит, молибденит, галенит и др. Количество сфалерита на отдельных участках достигает 10-15 %. К поздним минералам, развивающимся по пирротину, относятся пирит и марказит. Из арсенидов и сульфоарсенидов выявлены арсенопирит, лёллингит и саффлорит. Установлены редкие брейтгауптит, пентландит, кульсонит, карелианит и сложные оксиды U и Pb, фосфаты и карбонаты Y и REE. Из нерудных минералов, составляющих не более 10-15 % от объёма руд, отмечены кварц, альбит, диопсид, минералы группы граната – гроссуляр и голдманит, титанит, апатит и др.

Нами установлена благороднометальная минерализация, которая отчётливо проявляется в двух ассоциациях. Первая – арсенопирит-лёллингитовая ассоциация с золотом, гесситом, садбериитом; вторая – серебряная сульфидно-кварцевая, с которой связано образование серебра, серебряных сульфидов и сульфосолей. Арсенопирит-лёллингитовая ассоциация отмечается во всех разновидностях руд и является типоморфной ассоциацией месторождения. Она представлена агрегатами отчётливо кристаллической формы, иногда идиобластами с включениями графита и пирротина, размером от 0.1 мм до 1.5 см, центральная часть которых сложена лёллингитом, внешняя – арсенопиритом, при этом лёллингит никогда не соприкасается с пирротином. В отдельных агрегатах процесс замещения леллингита арсенопиритом существенный. Здесь сохраняются лишь реликты лёллингита в виде блоков. Агрегаты данной ассоциации в полосчатых разновидностях имеют приуроченность к границе пирротиновых руд с кварцевыми образованиями и альбит-кварцевыми прожилками, где отчётливо наблюдается перекристаллизация и укрупнение размеров зёрен основных сульфидных минералов (сетчато-вкрапленный тип оруденения). В брекчированных рудах

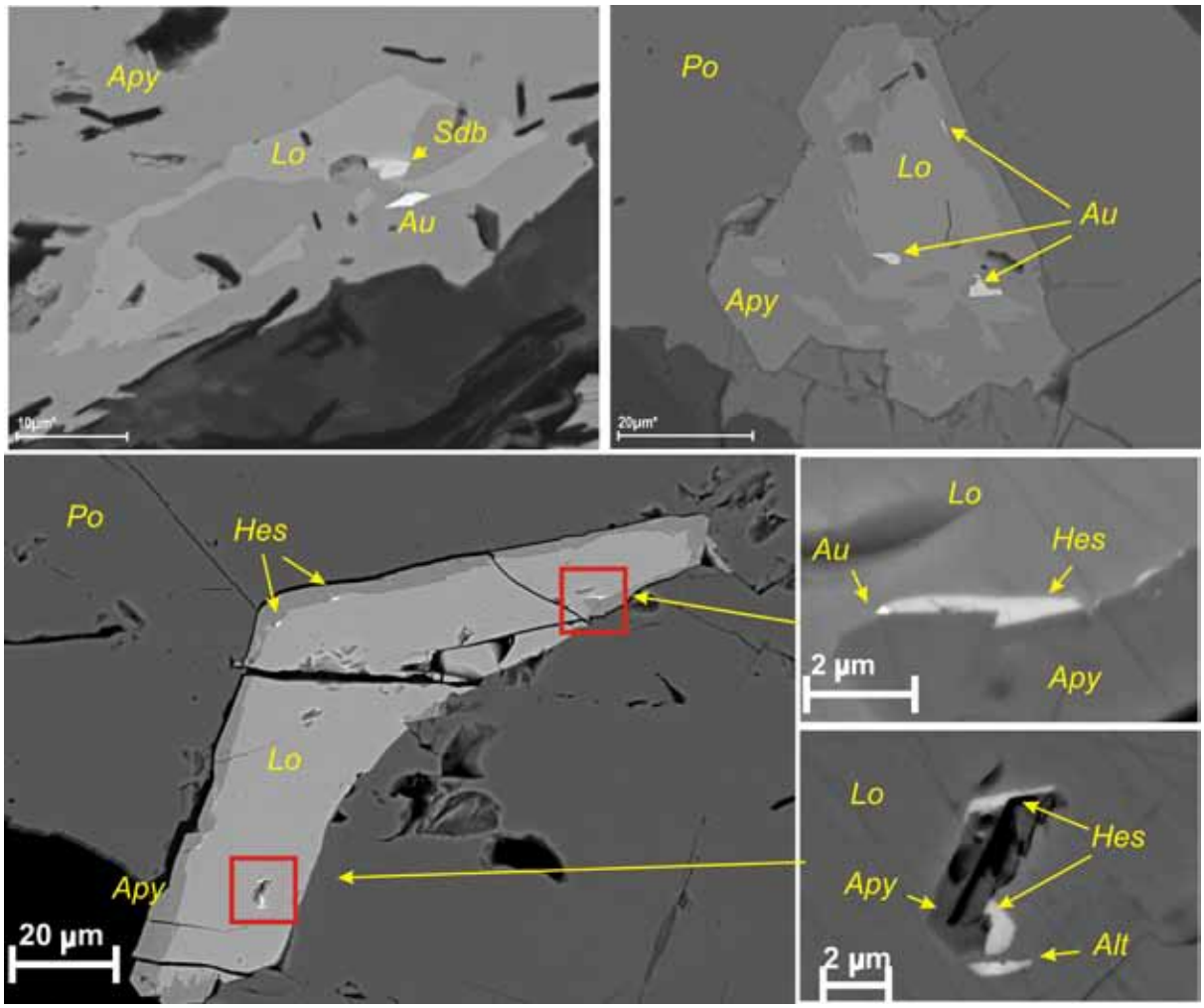


Рис. 2. Минералы благородных металлов в арсенопирит – лёллингитовой ассоциации. Apy – арсенопирит, Lo – лёллингит, Au – золото, Hes – гессит, Sbr – садбериит, Alt –алтаит, Po – пирротин. Снимки в обратно-рассеянных электронах.

арсенопирит-лёллингитовые агрегаты в виде идиоморфных включений находятся в пирротине. Минералы благородных металлов занимают строго определённую позицию в данной ассоциации, локализуясь по границе лёллингита и арсенопирита в виде ультратонких выделений (< 5 мкм) – метасом, неправильной, часто вытянутой вдоль границ формой (рис. 2).

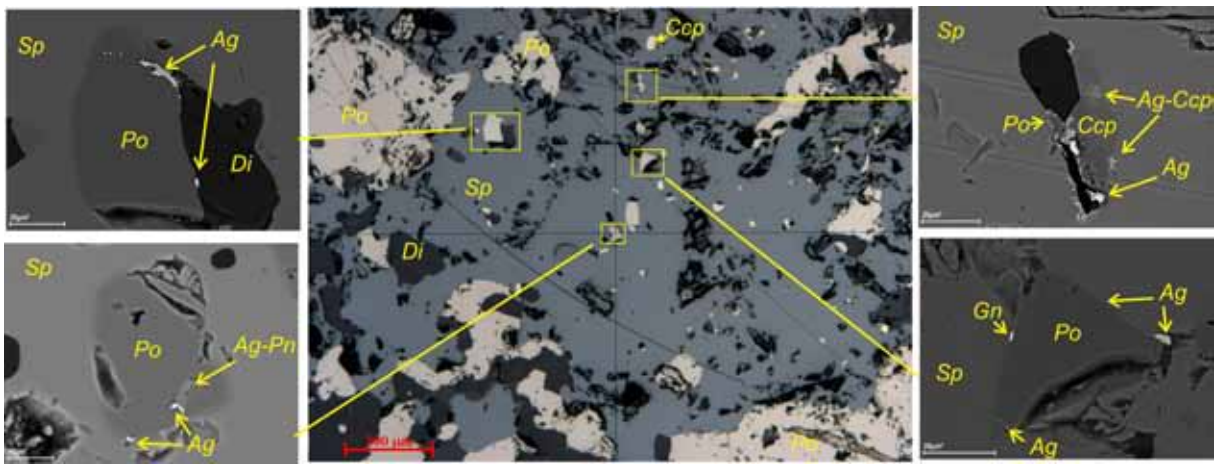


Рис. 3. Характер выделений серебра (Ag) в ассоциации с сульфидами: сфалерит (Sp), пирротин (Po), халькопирит (Ccp). Ag-Pn – аргентопентландит, Gn – галенит, Di – диопсид. Снимок в центре – отражённый поляризованный свет, справа и слева – снимки в обратно-рассеянных электронах.

Химический состав минералов арсенопирит-лёллингитой ассоциации приведён в таблице 2. В золоте отмечается примесь Fe. В садбериите кроме Fe присутствует Ni. В арсенопирите и лёллингите благородных металлов не установлено, характерно повышенное содержание Sb, Co и Ni.

Выделение серебряной сульфидно-кварцевой ассоциации обусловлено нахождением минералов благородных металлов в поздних сульфидах, полисульфидных срастаниях в кварцевых прожилках. Благородная минерализация здесь представлена минеральными фазами: серебра, сульфидов и Sb – сульфосолей серебра. В этой же ассоциации находятся галенит и брейтгауптит. Серебро локализуется по границе минеральных фаз и микротрещинам, образуя тонкие (< 5мкм) неправильной формы зёрна, просечки, а также дендритовидные образования в порфиробластовом агрегате сфалерита (рис. 3).

Таблица 2. Химический состав минералов арсенопирит-лёллингитовой ассоциации, масс. %.

Элементы	1	2	3	4	5	6*	7*
Au	58.60	64.43					
Ag	38.63	32.36		69.06			
Fe	2.78	3.20			1.60	21.59	25.14
Pd					47.31		
Co						1.88	5.87
Ni					1.12	4.07	1.78
Pb			66.82				
Te			33.18	30.94			
Sb					49.98	0.74	4.32
As						69.39	44.23
S						1.81	18.06
Сумма	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	99.47	99.40
Формульные коэффициенты							
Au	0.422	0.478					
Ag	0.508	0.438		2.640			
Pd					1.083		
Fe	0.071	0.084			0.070	0.782	0.757
Co						0.064	0.168
Ni					0.046	0.140	0.051
Pb			1.240				
Te			1.000	1.000			
Sb					1.000	0.012	0.060
As						1.874	0.993
S						0.114	0.947

Примечание: * анализ MS-46 Cameca. 1-2 – золото; 3 – алтаит; 4– гессит; 5 – садбериит; 6 – лёллингит; 7 – арсенопирит.

Аргентопентландит является наиболее часто встречающимся минералом ассоциации. Он находится в срастании с халькопиритом и пирротином в кварцевых прожилках с характерной друзовидной структурой кристаллов сульфидов, а также образует сложные полисульфидные агрегаты с халькопиритом, пирротином, сфалеритом и пиритом в полевошпат-кварцевых зонах (рис. 4).

Сульфосоли серебра приурочены к зальбандам кварцевых прожилков, где в виде мелких выделений (до 2-3 мкм) с галенитом (иногда с гесситом) локализуются по трещинам в пирротине (рис. 5). По химическому составу минералы отвечают пираргириту и стефаниту (табл. 3). Кроме этого, установлена фаза сложного состава в виде мелкого включения в идиоморфном кристалле пирита (рис. 5, табл. 3).

Таким образом, в колчеданных рудах Прихибинья установлено широкое проявление минеральных форм благородных металлов двух генетических ассоциаций: благороднометалльной арсенопирит-лёллингитовой и серебряной кварц-сульфидной. Выделенные минеральные ассоциации имеют выраженный

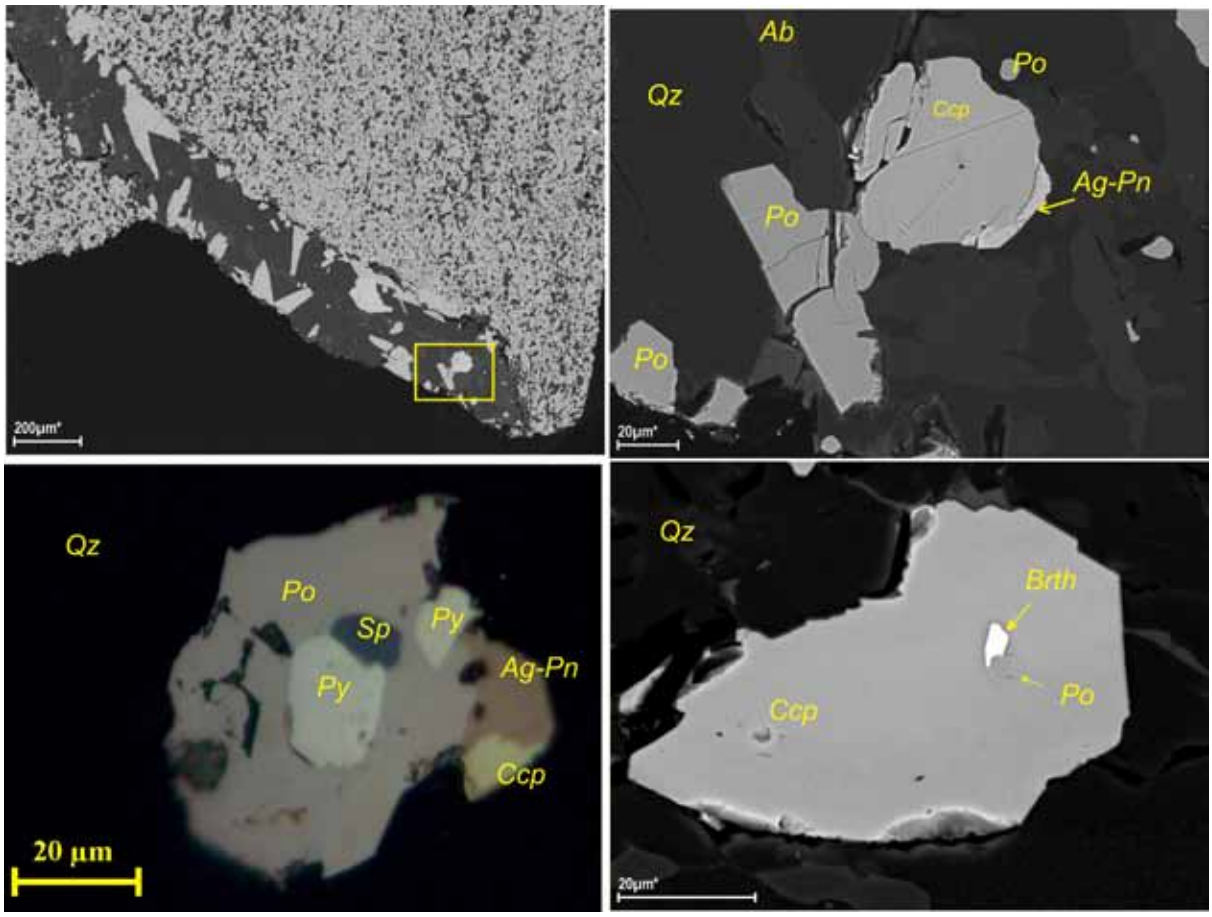


Рис. 4. Морфология и характер срастаний аргентопентландита (Ag-Pn) и брейтгауптита (Brth) с другими минералами. Po – пирротин, Ccp – халькопирит, Py – пирит, Sp – сфалерит, Qz – кварц, Ab – альбит. Снимки в обратно-рассеянных электронах, нижний левый – в отражённом поляризованном свете.

Таблица 3. Химический состав минералов серебряной сульфидно-кварцевой ассоциации, масс. %.

Элементы	1	2	3	4	5	6
Ag	99.05	56.52	76.99	13.75	13.72	
Fe	0.95			8.95	35.33	6.63
Ni					19.15	30.57
Pb				32.46		
Cu				7.25		
Sb		23.72	9.76	19.46		62.80
S		19.76	13.25	18.12	31.8	
Сумма	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
Формульные коэффициенты, ФК*						
Ag	0.982	2.584	7.232	0.879	1.026	
Fe	0.018			1.106	5.102	0.230
Ni					2.632	1.010
Pb				1.081		
Cu				0.787		
Sb		0.961	0.812	1.103		1.000
S		3.039	4.188	3.897	8.000	

Примечание. 1 – серебро; 2 – пираргирит (ФК, [S+Sb] = 4); 3 – стефанит (ФК, при [S+Sb] = 5); 4 – Mph1 (ФК, [S+Sb] = 5); 5 – аргентопентландит (ФК, при S = 8); 6 – брейтгауптит (ФК, при Sb = 1).

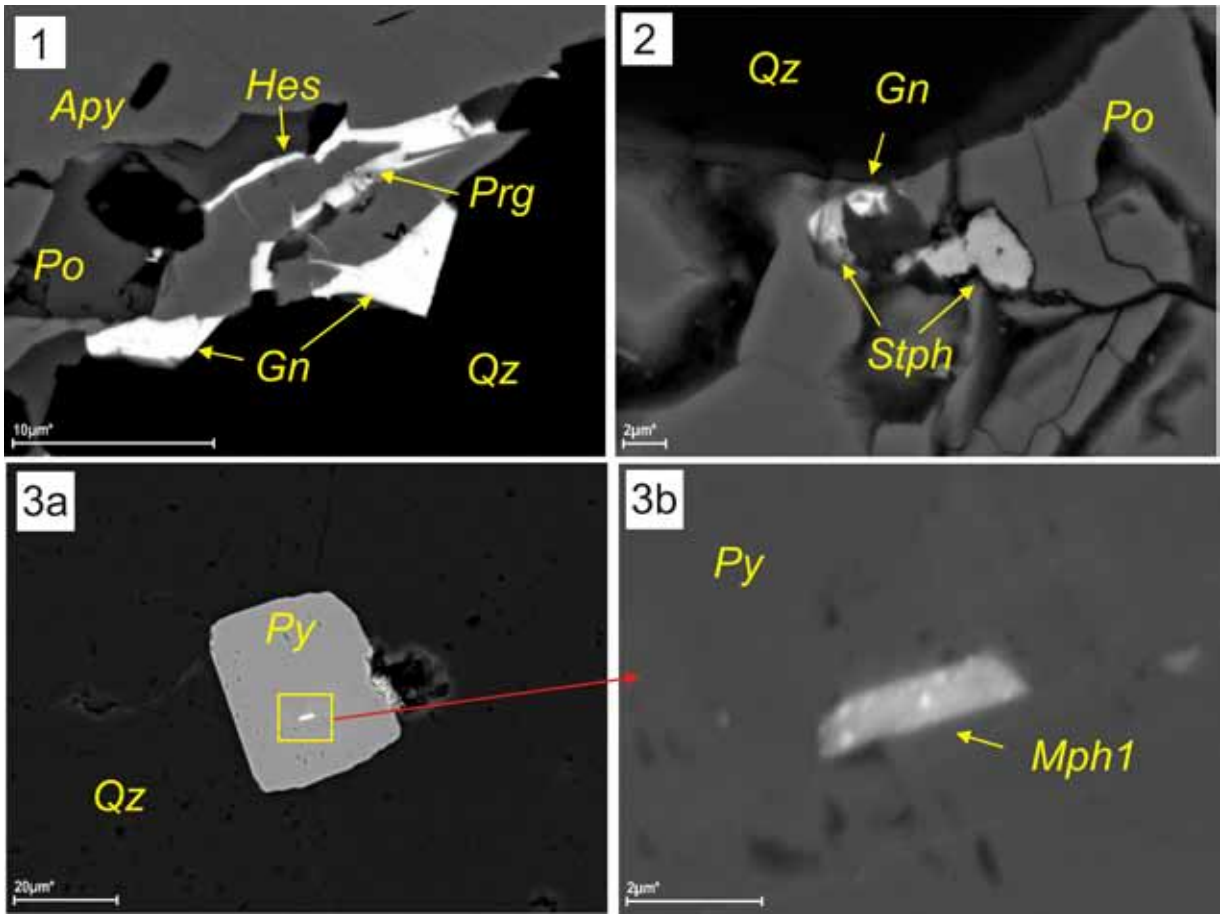


Рис. 5. Морфология выделений сульфосолей серебра. 1 – пираргирит (Prg) в ассоциации с арсенопиритом (Apy), пирротином (Po), галенитом (Gn) и гесситом (Hes) в зальбанде кварцевого (Qz) прожилка. 2 – стефанит (Stph) с галенитом (Gn) в пирротине (Po). 3a, b – фаза $(Fe,Cu,Ag)_3Pb[SbS_4]$ (Mph1) в идиоморфном кристалле пирита (Py) в кварце. Снимки в обратно-рассеянных электронах.

наложенный на первичные колчеданные руды характер. Согласно экспериментальным исследованиям поведения золота при метаморфизме арсенопирита и пирротина установлено, что образование лёллингита соответствует пику прогрессивного этапа метаморфизма, а золото в лёллингите сосредоточено в рассеянном состоянии (невидимое золото) [5]. При ретроградном метаморфизме происходит реакционное замещение лёллингита арсенопиритом, при этом Au (в нашем случае также Ag и Pd) перераспределяется внутрь лёллингита и далее, при определённых физико-химических условиях, выделяется в самостоятельную фазу по реакционной границе замещения. Формирование серебряной кварц-сульфидной ассоциации связывается нами с воздействием гидротермально-метасоматических (метаморфогенных) растворов на первичные руды.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Годовиков В.Н., Михалев Д.Н. Материалы по пирротиновым месторождениям Южного склона Хибинского массива // Хибинские редкие элементы и пирротины. Л.: Госхимтехиздат, 1933. С. 189-202.
2. Загородный В.Г., Предовский А.А., Басалаев А.А. и др. Имандра-Варзугская зона карелид: геология, геохимия, история развития. Л.: Наука,1982. 280 с.
3. Лабунцов А.Н. Пирротин Хибинских тундр // Хибинские редкие элементы и пирротины. Л.: Госхимтехиздат, 1933. С.180-189.
4. Пожиленко В.И., Гавриленко Б.В., Жиров Д.В. и др. Геология рудных районов Мурманской области. Апатиты: Изд-во КНЦ РАН, 2002. 359 с.
5. Tomkins A.G., Mavrogenes J.A. Redistribution of gold within arsenopyrite and löllingite during pro- and retrograde metamorphism: application to timing of mineralization // Econ. Geol. 2001. V 96. P 525-534.

ПОВЕЛЛИТ В АЛЬБИТ-КАРБОНАТНЫХ МЕТАСОМАТИТАХ САЛЛА-КУОЛАЯРВИНСКОЙ ЗОНЫ

Карпов С.М., Волошин А.В., Калинин А.А., Савченко Е.Э.

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

Повеллит $Ca[MoO_4]$ является вторичным минералом зоны окисления молибденовых руд. До настоящего момента на территории Мурманской области он установлен не был, несмотря на многочисленные проявления молибдена [1]. Цель данного сообщения – изложение результатов исследования повеллита, обнаруженного в период полевых работ 2011 г. в Салла-Куолаярвинской зоне. Она является северной меридиональной частью Пана-Куолаярвинской проторифтогенной зоны, в разрезе которой выделяются толщи сумийского, сариолийского, ятулийского и людиковийского горизонтов, сложенные вулканогенными и осадочными породами в целом моноклинального залегания (рис. 1) [3].

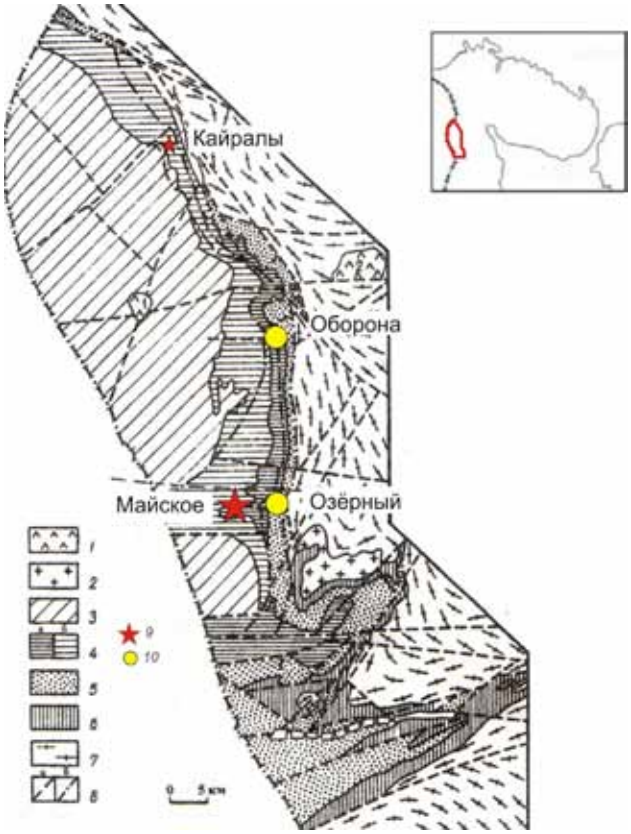


Рис. 1. Геологическая схема Куолаярвинской структуры карелид и её обрамления [2] с дополнениями авторов. 1 – массивы щёлочно-ультраосновных пород с карбонатитами палеозойского возраста; 2 – плагиомикроклиновые граниты нижнего протерозоя; 3-6 – вулканогенно-осадочные образования карельского комплекса: 3 – ливий; 4 – людиковий: осадочный комплекс, включая углеродистые туфы, туффиты (а); вулканогенный подкомплекс (б); 5 – ятулий; 6 – сариолий и сумий; 7 – архейские гранито-гнейсы фундамента; 8 – разрывные нарушения; крутопадающие (а) и пологопадающие (б); 9 – месторождения и проявления золота; 10 – участки с находками повеллита.

Среди интрузивных пород наиболее древними интрузивными образованиями являются гранодиориты, тоналиты, плагиограниты, прорванные раннепротерозойскими лейкогранитами и гранодиоритами. Отмечаются небольшие тела габбро, пироксенитов и перидотитов. Пана-Куолаярвинская зона разбита серией субмеридиональных и субширотных разломов, с которыми связаны разнообразные метасоматиты регрессивной стадии метаморфизма: биотититы, альбититы, карбонатные метасоматиты и др. [4]. В пределах структуры известно золоторудное месторождение Майское и проявление Кайралы в кварцево-жильных зонах СВ простирания. С зонами альбитизации связаны проявления урана непромышленного значения [3].

Повеллит установлен в зонах развития альбит-карбонат-кварцевых метасоматитов на участках Озёрный и Оборона (рис. 1). Они расположены на расстоянии 18-19 км друг от друга в субмеридиональном направлении. Тела метасоматитов приурочены к контактам метаосадочных толщ (высокоуглеродистых сланцев, карбонатных пород) с метаморфизованными магматическими породами основного состава (плагиоамфиболитами по вулканитам и габброидам). Зоны метасоматитов альбит-карбонат-кварцевого состава образуют сложные линзовидной формы тела видимой мощностью порядка 3-5 м, иногда первые десятки метров. Геохимически метасоматиты характеризуются высокими концентрациями, г/т: Au 0.35; Se 156; Bi 312, Cu 1475.

В ассоциации с повеллитом установлены молибденит, пирит, халькопирит, пирротин, широко распространён гематит, реже магнетит. Отмечены карбонаты урана, монацит и галенит. Здесь же выявлен сложный оксид Ti-Fe-V-Cr-Pb-U состава, вероятно, из группы голландита. Из нерудных минералов установлены альбит, доломит, кварц, прозрачный красного цвета хлорапатит, кальцит и амфибол.

В метасоматитах Салла-Куолаярвинской зоны выявлены две морфологические разновидности повеллита (рис. 2). Первая представлена сноповидными агрегатами размером 1-2 мм темно-зелёного цвета

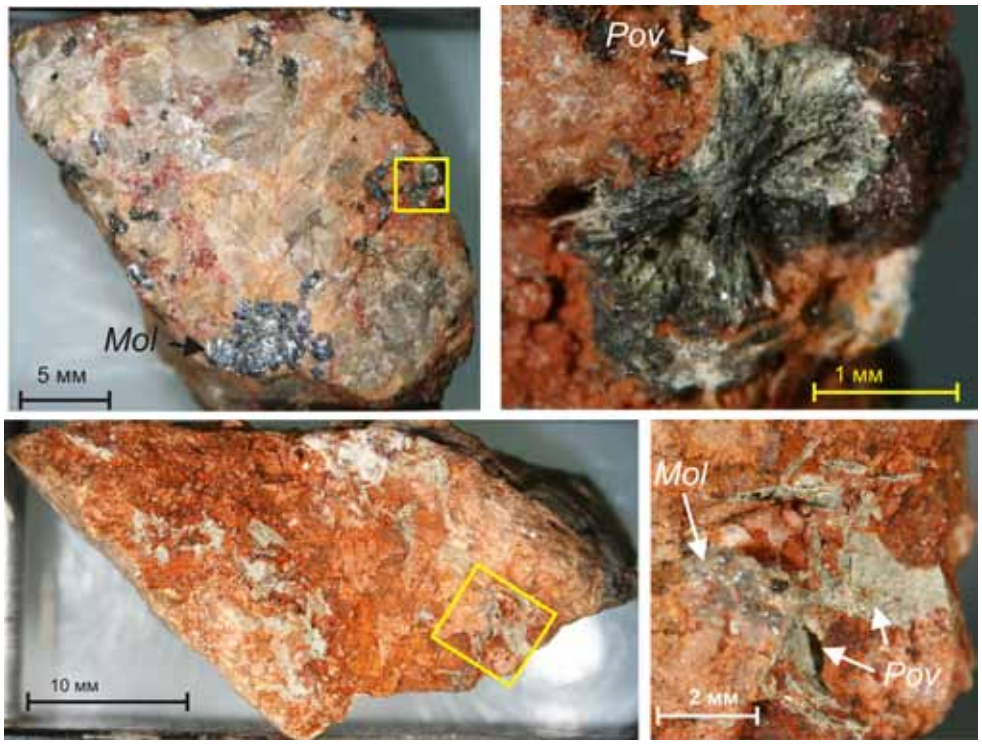


Рис. 2. Морфология повеллита (*Pov*). Вверху – сноповидные псевдоморфозы по молибдениту (*Mol*) (уч. Озёрный), внизу – тонкопластинчатые и чешуйчатые агрегаты по трещинам (уч. Оборона). Фото образцов.

с реликтами молибденита. Вторая наблюдается в виде тонкочешуйчатых, иногда землистых агрегатов по трещинам в основной массе породы и имеет светло-зелёную окраску. В УФ при λ = 240 нм повеллит обладает ярко-жёлтым с зеленоватым оттенком свечением. Рентгенограмма порошка идентична таковой шеелита (аналитик М.В. Торопова). Изучение неоднородности минерала проводилась на сканирующем электронном микроскопе LEO-1450 с оценкой состава с помощью энергодисперсионной приставки Bruker XFlash-5010. Минерал локализуется по трещинам, образуя тонкие до 20 мкм прожилки, пересекающие ассоциирующие с ним минералы (рис. 3, левый снимок). Повеллит крайне неоднороден. Внутрифазовая неоднородность агрегатов отчётливо видна на SEM-снимках и выражена в тонком чередовании светлых и тёмных слойков (рис. 3, правые снимки).

Особенностью состава повелллита являются примесные элементы Fe и Se (табл. 1). Светлые участки на SEM-снимках отличаются от более тёмных вхождением Se на уровне 1.01 масс. % (ан. 2).

Таблица 1. Химический состав повеллита (масс. %).

Оксиды	Уч. Озёрный	Уч. Оборона	
	1	2	3
CaO	27.70	30.43	31.84
FeO	0.54	0.65	0.40
MnO		0.10	0.00
MoO_3	71.75	67.82	67.76
SeO_3		1.01	0.00
Сумма	100.00	100.00	100.00
Формульные коэффициенты катионов, рассчитанные на 4 атома кислорода, $A[BO_4]$			
Катионы группы A			
Ca	0.990	1.090	1.144
Fe	0.015	0.018	0.011
Mn		0.003	
Сумма	1.005	1.111	1.155
Катионы группы B			
Mo^{6+}	0.998	0.947	0.948
Se^{6+}		0.016	
Сумма	0.998	0.963	0.948

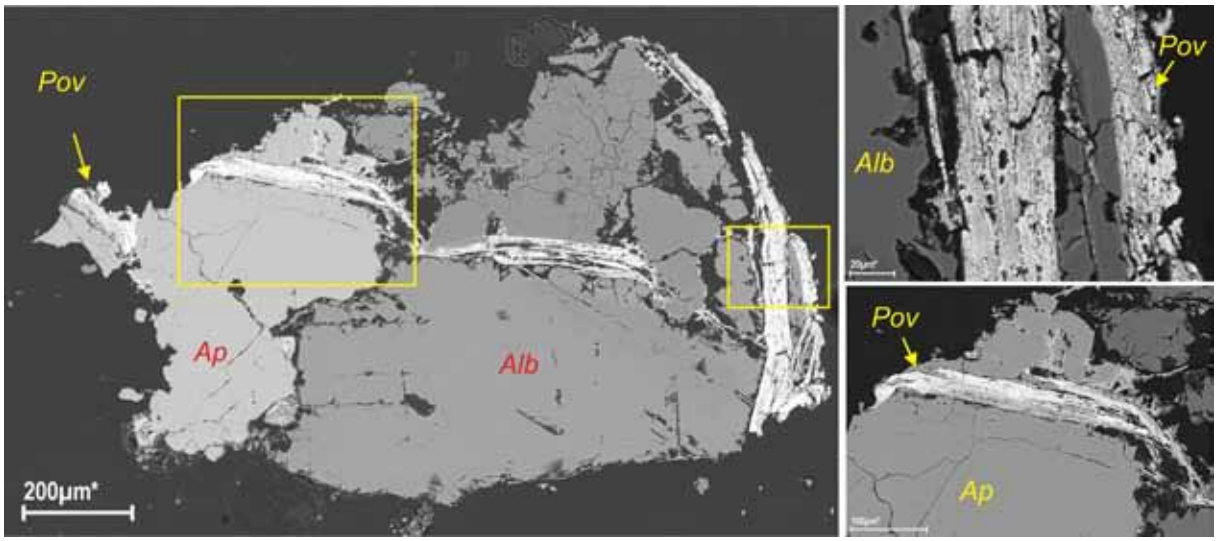


Рис. 3. Взаимоотношения и характер фазовой неоднородности агрегатов повеллита (*Pov*). *Ap* – апатит, *Alb* – альбит. Снимки в обратно-рассеянных электронах.

Таким образом, выявленная редкая минеральная ассоциация Mo-Ti-V-Cr-U в метасоматитах заслуживает дополнительного исследования. Список минеральных видов Кольского региона пополнился ещё одним минералом группы шеелита – повеллитом.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Борисова В.В., Волошин А.В. Перечень минеральных видов Кольского п-ова. Апатиты: Изд-во K & M, 2010. 64 с.
2. Воинов А.С., Полеховский Ю.С., Нагайцев Ю.В. Метаморфизм С.-Карельской зоны карелид, Пана-Куолаярвинский прогиб // Строение и метаморфическая эволюция главных структурных зон Балтийского щита. Апатиты: Изд-во КФ АН СССР, 1987. С. 68-75.
3. Пожиленко В.И., Гавриленко Б.В., Жиров Д.В. и др. Геология рудных районов Мурманской обл. Апатиты: Изд-во КНЦ РАН, 2002. 359 с.
4. Полеховский Ю.С., Воинов А.С., Тарасова И.П. Структурно-литологический контроль и геохимические особенности щелочно-карбонатных метасоматитов докембрия // Метаморфизм и метаморфогенное рудообразование раннего докембрия. Апатиты: Изд-во КФ АН СССР, 1984. С. 17-25.

ЗОЛОТО-СЕРЕБРЯННАЯ МИНЕРАЛИЗАЦИЯ В УГЛЕРОДСОДЕРЖАЩИХ ПОРОДАХ БАШКИРСКОГО МЕГАНТИКЛИНОРИЯ, Ю. УРАЛ

Ковалев С.Г., Ковалев С.С.

Институт геологии УфНЦ РАН, Уфа, kovalev@ufaras.ru

Часть Башкирского мегантиклинория, в пределах которой проводились исследования, отличается сложным тектоническим строением и характеризуется длительной и многоэтапной историей развития. Наличие многочисленных тектонических нарушений регионального плана и более мелких порядков, надвигов и складчато-блоковых структур привело к тому, что осадочные породы претерпели значительные изменения и нередко приобрели специфическую металлогеническую специализацию, которая сформировалась в результате воздействия на осадочный субстрат динамотермальных метаморфо-метасоматических процессов.

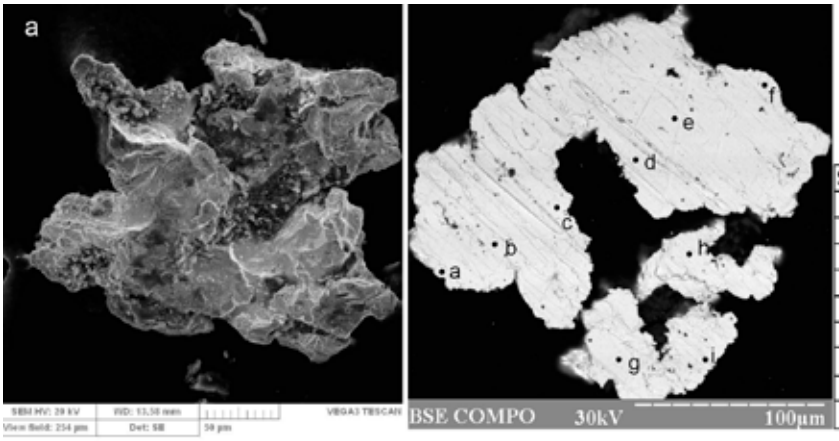
Улуелгинско-Кудашмановская зона приурочена к Юрюзано-Зюраткульскому разлому и представлена вулканогенно-осадочными породами среднерифейского возраста, где ранее нами выявлена халькопирит-сфалерит-пирротин-пиритовая минерализация в сложнодислоцированных углеродсодержащих сланцах, которые ассоциируют с магматическими породами основного состава. Последние превра-

щены в хлорит-клиноцоизит(эпидот)-полевошпат-амфиболовые(арфведсонитовые) образования, часто биотитсодержащие, карбонатизированные, альбитизированные и окварцованные.

Терригенные породы зоны представлены серицит-мусковит-кварцевыми алевросланцами и углеродсодержащими сланцами, часто с биотитом и хлоритом. Основным отличием углеродсодержащих сланцев от алевросланцев является пелитовая размерность зерен кварца и присутствие углерода, который образует послойно-полосовидные, шнурообразные и комковатые выделения. Его содержание колеблется от 1.1 до 2.6 %, достигая максимальных значений в экзоконтактовых зонах, где породы приобретают темный пепельно-серый оттенок. При изучении образцов углеродсодержащих сланцев в отраженном свете в однородной массе фиксируются мелкие (< 0.01 мм) чешуйки, обладающие хорошо наблюдаемой яркой оптической анизотропией, характерной для графита. Основная масса углеродистого вещества (УВ) изотропна либо обладает слабой анизотропией с прямым или облачным погасанием. Анализ термограмм УВ позволяет отнести его к керит-антраксолитовому ряду. Алевросланцы и сланцы сложно дислоцированы. Для углеродсодержащих сланцев характерны повышенные количества РЗЭ, а также Co, Ni и Cu, типоморфных для магматических пород основного состава.

В породах присутствуют сульфиды (пирит, пирротин, сфалерит, галенит, халькопирит) в количестве 0.1-0.5 вес. %. В черносланцевых горизонтах их содержание повышается до 10-15 %. Взаимоотношения сульфидной минерализации с вмещающими породами разнообразны. Иногда они представлены субидиоморфными порфиробластами, образуют субсогласно смятые прожилки и выделения линзовидной формы, иногда развиваются по микрокливажным трещинам. Мощность оруденелых зон переменчива (от 2-3 до 15 м) и соответствует мощности черносланцевых горизонтов.

Самородное золото обнаружено визуально при минераграфическом изучении углеродсодержащих сланцев в углеродистой матрице, где оно представлено мелкими (3-5, редко до 10-12 мкм) выделениями разнообразной формы. Кроме того, в коре выветривания по черным сланцам Кудашмановского разреза установлены мелкие знаки самородного Au в углеродистом веществе. Иногда после прогрева УВ из него выделяется тонкодисперсное золото и самородная медь. Форма связи этих двух элементов с УВ, вероятнее всего, сорбционная. При изучении кварцевожильной минерализации самородное Au обнаружено в прото-



Sample	Cu K	Ag L	Au L	Summ
a	0.36	6.50	92.65	99.52
b	0.22	6.29	93.41	99.92
c	0.26	5.52	94.17	99.96
d	0.41	4.88	94.54	99.84
e	0.22	5.64	94.08	99.93
f	0.21	4.58	95.10	99.89
g	0.27	5.77	93.90	99.94
h	0.26	4.72	94.73	99.72
i	0.30	5.27	94.29	99.86

Рис. 1. Микрофотографии самородного золота из кварцевой жилы Улу-Елгинского разреза и его химический состав.

лочке из будинированной кварцевой жилы, сложенной серовато-белым полупрозрачным кварцем. Золотины имеют сложную форму (рис. 1) и различаются по окраске: красноватые (рис. 1 a) и соломенно-желтые (рис. 1 b, c). Золото высокопробное, микрозондовым методом в составе обнаружена медь (0.21-0.41 вес. %), содержания серебра варьируют в пределах 4.58-6.50 вес. %.

Минералы серебра и Ag-содержащие минералы – наиболее распространенная группа, обнаруженная в черносланцевых породах Улуелгинско-Кудашмановской зоны (табл.). Кроме идентифицированных самородного серебра, аргентита, фурутобеита и хлораргирита установлены соединения, близкие к жеффруаиту $(Ag,Cu,Fe)_9(Se,S)_8$, а также промежуточные нестехиометричные соединения групп эвкайрита (CuAgSe), штромейерита (AgCuS) и штернбергита ($AgFe_2S_3$). Широкий изоморфизм между Se и Te приводит к появлению соединений (Ag, Fe)(S, Se) – (Ag, Fe)(S, Te). Как правило, они развиваются по трещинам в порфиробластовых кристаллах пирита (рис. 2 a) или образуют скопления неправильной формы, в которых пространственно совмещены с ксеноморфными выделениями монацита (рис. 2 b). Особо следует отметить редкую находку сульфоселеноарсенида Au и Ag сложного состава. Аналоги описаны в рудах вулканогенного месторождения Брокен-Хилл, Австралия [4].

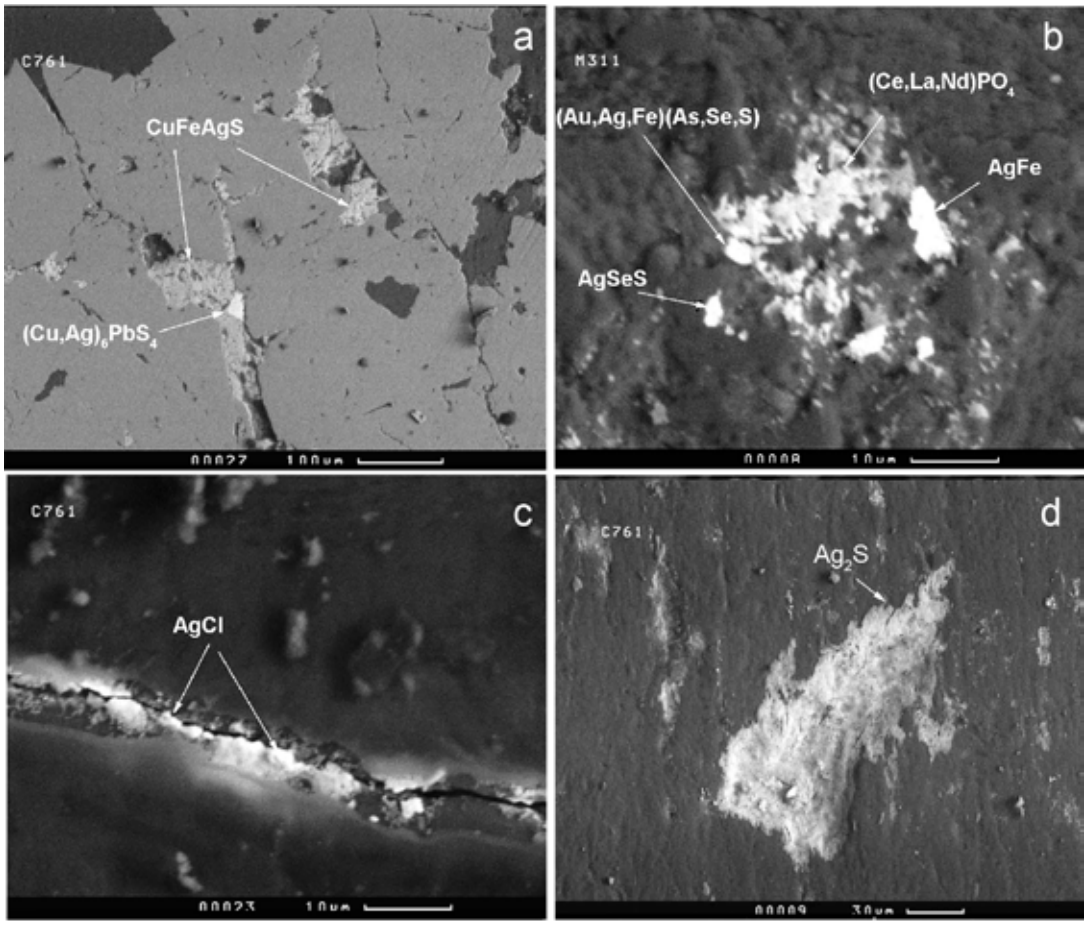


Рис. 2. Серебряные и серебросодержащие минералы из черносланцевых пород Улуелгинско-Кудашмановской зоны.

Таблица. Химический состав минералов Ag из сланцев Улуелгинско-Кудашмановской зоны, ат. %.

Минерал	S	Fe	Cu	Pb	Ag	Au	Se	Te	As
Сульфоселенид Ag	13.33	11.16	–	–	68.02	–	7.49	–	–
Аргентит	29.55	–	–	–	70.45	–	–	–	–
Сульфоселеноарсенид Au и Ag	11.64	9.69	–	–	50.35	4.7	16.28	–	7.34
Сульфотеллурид (?) Ag	3.55	43.02	–	–	50.79	–	–	2.64	–
Фурутобеит $(Cu,Ag)_6PbS_4$	46.66	1.96	1.38	40.12	9.88	–	–	–	–
CuFeAgS	47.13	18.57	16.8	–	17.5	–	–	–	–
Ag_2CuFeS_4	39.99	16.89	13.35	–	29.77	–	–	–	–

Детальные минераграфические исследования рудной минерализации и анализ литературных данных по генезису Au, Au-Ag и Ag-содержащих минеральных ассоциаций позволяют с большой уверенностью говорить о том, что Au-Ag минерализация в углеродсодержащих породах Улуелгинско-Кудашмановской зоны сформировалась на заключительных этапах минералообразования совместно с ксеноморфным монацитом и уранинитом при метасоматозе в условиях низкотемпературного метаморфизма.

Обобщенный анализ всей совокупности материалов, а также минераграфическое и микрозондовое изучение парагенезисов и ассоциаций позволил воссоздать геотектонические обстановки минералообразования в пределах Башкирского мегантиклинория. Процесс можно разделить на два этапа, первый из которых реализуется на стадии рифтогенеза при заложении серии грабенообразных структур и заполнении их псефито-псаммито-пелитовыми осадками машакской свиты (R_2) с последующим внедрением в верхние горизонты земной коры базальтовой магмы, сопровождающееся предварительной проработкой субстрата восстановленными мантийными флюидами [1]. При поступлении флюидов в верхние этажи земной коры по тектонически ослабленным зонам происходила смена окислительно-восстановительных условий, в результате которой в терригенных породах формируются геохимические аномалии элементов «мантийной» природы, чем и определяется минералообразование на этом этапе. Снижение давления при подъеме флюидного потока к поверхности и его взаимодействие с алюмосиликатными породами привело к нарастающему окислению восстановленного флюида, что выражается в преобладании метасоматического способа образования большей части минералов. На этом же этапе формируется гидротермальная система и процесс минералообразования становится многофакторным (изменение окислительно-восстановительного потенциала при меняющихся термобарических условиях на фоне ремобилизационного перераспределения кремнезема).

Второй этап по времени соответствует поздневендской эпохе развития региона, когда на Ю. Урале началось формирование метаморфических комплексов в режиме сжатия. Оценка возраста образования уранинита [2] и параметров процесса минералообразования сульфидных (пирит-пирротин-сфалерит) парагенетических ассоциаций Улуелгинско-Кудашмановской зоны [3] свидетельствует о том, что метаморфизм оказал существенное влияние. Перераспределение части вещества осуществлялось в широких температурных (от 360-460 до 100-150°С) и барических (5-7 кбар) условиях с образованием на заключительных этапах золотых, золото-серебрянных и серебросодержащих минеральных ассоциаций сложного состава, а также уранинита в ассоциации с ксеноморфным монацитом и разнообразных соединений редкоземельных элементов.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (грант № 11-05-12002) и Министерства образования и науки РФ (контракт № 14.740.11.0189).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ковалев С.Г. Позднедокембрийский рифтогенез в истории развития западного склона Ю. Урала // Геотектоника. 2008. № 2. С. 68-79.
2. Ковалев С.Г., Кринов Д.И., Мичурин С.В. Первая находка минералов урана и тория в черносланцевых породах Ю. Урала // Докл. АН. 2010. Т. 430. № 6. С. 797-801.
3. Мичурин С.В., Ковалев С.Г., Кринов Д.И. Р-Т условия метаморфических преобразований пород Улу-Елгинско-Кудашмановской зоны Башкирского мегантиклинория // Тез. докл. XI Всерос. петрогр. совещ. «Магматизм и метаморфизм в истории Земли». Т. II. Екатеринбург: Изд-во ИГГ УрО РАН, 2010. С. 68-69.
4. Moore C.R. Geology and mineralization of the formen Broken Hills gold mine, Hikuai, Coromandel, New Zealand // Geol. Geophys. 1979. V 22. P 339-351.

РЕСУРСНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ КОЛЬСКОЙ РЕДКОЗЕМЕЛЬНОЙ ПРОВИНЦИИ

Коноплёва Н.Г.[1], Иванюк Г.Ю.[1,2], Пахомовский Я.А.[1,2], Яковенчук В.Н.[1,2],
Калашников А.О.[2], Михайлова Ю.А.[1,2], Горяинов П.М.[2]

[1]ЦНМ КНЦ РАН, [2]ГИ КНЦ РАН, Апатиты, konoplyova55@mail.ru

На протяжении последних десятилетий наблюдается устойчивый рост рыночных потребностей в редкоземельном сырье. Это связано с использованием редкоземельных металлов в создании новых высокотехнологичных материалов. В настоящее время 95-97 % всей редкоземельной продукции на мировой рынок поставляет Китай. Решение Китая к 2014 г. полностью прекратить экспорт редкоземельных метал-

лов вызвало резкий рост цен на них и инициировало возрождение редкоземельной индустрии во многих государствах, в том числе в России.

Потенциальные запасы редкоземельных металлов в России, составляющие 30 % от мировых, учтены в комплексных рудах 14 месторождений. Большая часть российских балансовых и прогнозных запасов редкоземельного сырья находится в недрах Кольского п-ова и связана с Ловозёрским, Хибинским и Сахарйокским щелочными массивами, а также с массивами щелочных гранитов Кейв. В настоящее время единственным используемым источником редкоземельных металлов являются лопаритовые руды Ловозёрских месторождений, в которых сосредоточено 14.2 % запасов России. По данным микрозондового анализа лопарита-(Ce) в 76 образцах малиньитов и ийолит-уртитов, в среднем он содержит 32.44 масс. % оксидов редкоземельных элементов, в том числе 8.81 La_2O_3, 18.01 Ce_2O_3, 1.40 Pr_2O_3, 4.10 Nd_2O_3 и 0.12 Sm_2O_3.

Помимо лопаритовых руд, большой интерес представляют обогащённые эвдиалитом нефелиновые сиениты и малиньиты Ловозёрского комплекса эвдиалитовых луявритов (рис. 1), которые являются потенциальным сырьём на Zr и редкоземельные металлы. По данным микрозондового анализа эвдиалита в 63 образцах, среднее содержание в нём REE_2O_3 составляет 2.61 масс. %, в том числе, 0.51 La_2O_3, 1.41 Ce_2O_3, 0.09 Pr_2O_3, 0.57 Nd_2O_3, 0.02 Sm_2O_3 и 0.01 Y_2O_3. Ресурсы богатых эвдиалитовых руд Ловозёрского массива только на участке Аллуайв оценены более чем в 80 млн. тонн (~ 1 млн. т $Y_2O_3 + \Sigma REE_2O_3$). Общие ресурсы эвдиалитовых руд в массиве составляют 80 млрд. тонн [1]. Положительными аргументами в пользу рентабельности эвдиалитовых месторождений являются возможность отработки открытым способом, легкая обогатимость руд и отсутствие необходимости дезактивации концентрата.

Преобладающая часть (60.2 %) учтённых редкоземельных запасов России сосредоточена в апатито-нефелиновых рудах Хибинского массива. Содержание оксидов редкоземельных металлов в хибинском фторапатите невысоко – в среднем 0.9-1.2 масс. % [2], но запасы составляют почти 10 млн. т только по промышленным категориям [1]. Отмечено закономерное увеличение содержания редких земель в апатите по мере снижения содержания P_2O_5 в руде [3], повышающее промышленные перспективы апатитовых рудопроявлений и месторождений с бедными рудами и/или небольшими запасами. Несмотря на то, что в настоящее время редкоземельные металлы из апатитового концентрата не извлекаются, имеющиеся технологии позволяют наладить их получение без существенных капитальных вложений, особенно при азотнокислотном способе переработки апатитового концентрата [4].

Изучение состава фторапатита по профилю A-B-C-D-E-F (рис. 1) показало, что по мере приближения к Главному фоидолитовому кольцу во фторапатите уменьшается количество микропримесей, в том

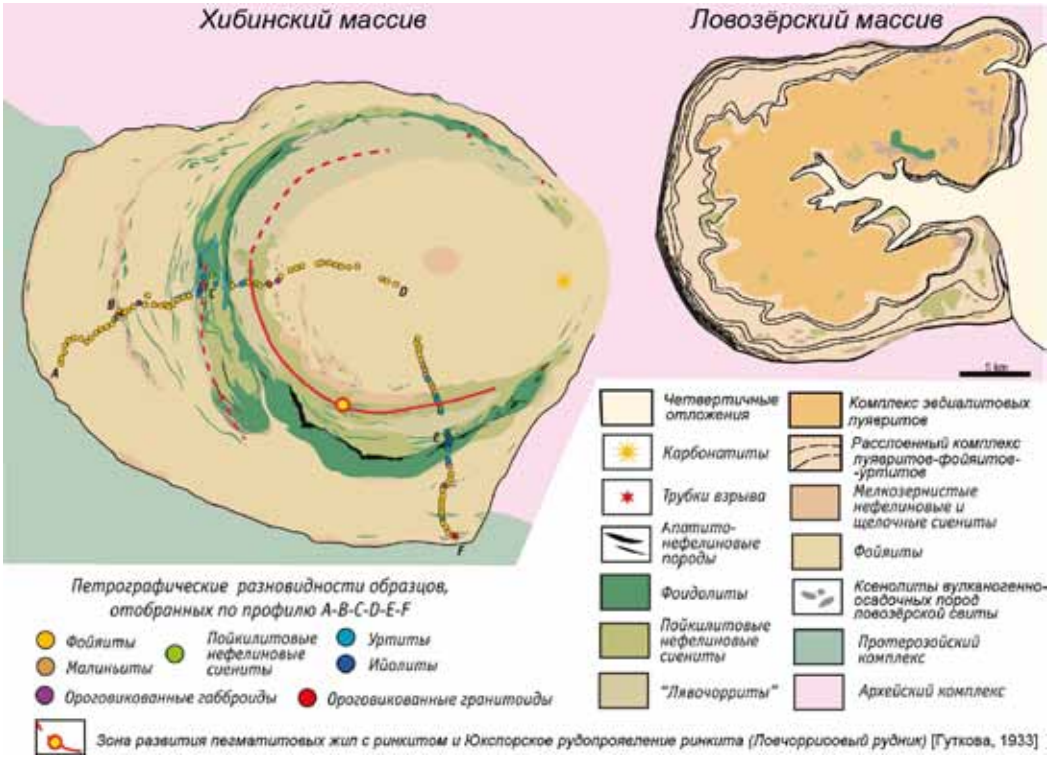


Рис. 1. Геологическая схема Хибинского и Ловозёрского щелочных массивов.

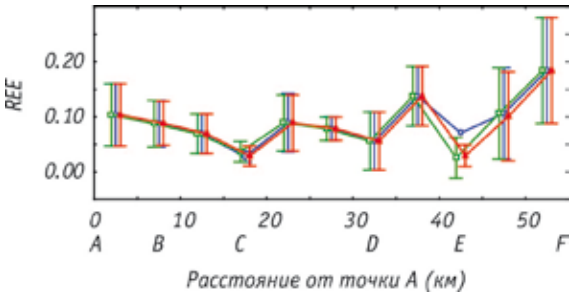


Рис. 2. Изменение содержания REE (коэфф. в формуле) во фторапатите по профилю A-B-C-D-E-F (рис. 1). Синяя линия – фойяиты, зеленая – фойяиты + рисчорриты, красная – фойяиты + рисчорриты + фоидолиты.

числе редких земель (рис. 2). Более интенсивно процесс проявлен вблизи крупных месторождений (точка E, месторождение Коашва). Высвобождающиеся редкоземельные элементы локализуются в различных жилах и зонах поздней минерализации, образуя довольно значительные скопления (статья В.Н. Яковенчука и др. в наст. сб.). В эту схему полностью вписывается расположение рудопроявлений с ринкитовой минерализацией – ещё одним потенциальным ресурсом редкоземельного сырья. Наиболее перспективные из этих рудопроявлений приурочены к покрывающим фоидолитовую толщу рисчорритам (рис. 1) и представлены штокверком пегматитовых и гидротермальных жил, неравномерно обогащённых ринкитом, содержание колеблется от 5 до 80 % [5]. Ринкит содержит 0.92 масс. % Y_2O_3 и 18.8 масс. % ΣREE_2O_3, в том числе 3.63 La_2O_3, 10.2 Ce_2O_3, 1.17 Pr_2O_3, 3.27 Nd_2O_3, 0.36 Sm_2O_3, 0.08 Gd_2O_3, 0.07 Dy_2O_3, 0.02 Er_2O_3 (по 52 анализам).

Самое крупное из таких рудопроявлений на г. Юкспорр (Ловчорритовое) в 1930-е гг. разведано и в течение 7 лет отрабатывалось. За годы работы рудника и обогатительной фабрики (1933-39 гг.) получено 1184 т ринкитового (ловчорритового) концентрата [6], но несовершенство схемы обогащения и технологии извлечения редкоземельных металлов делали разработку месторождения нецелесообразной. В настоя-

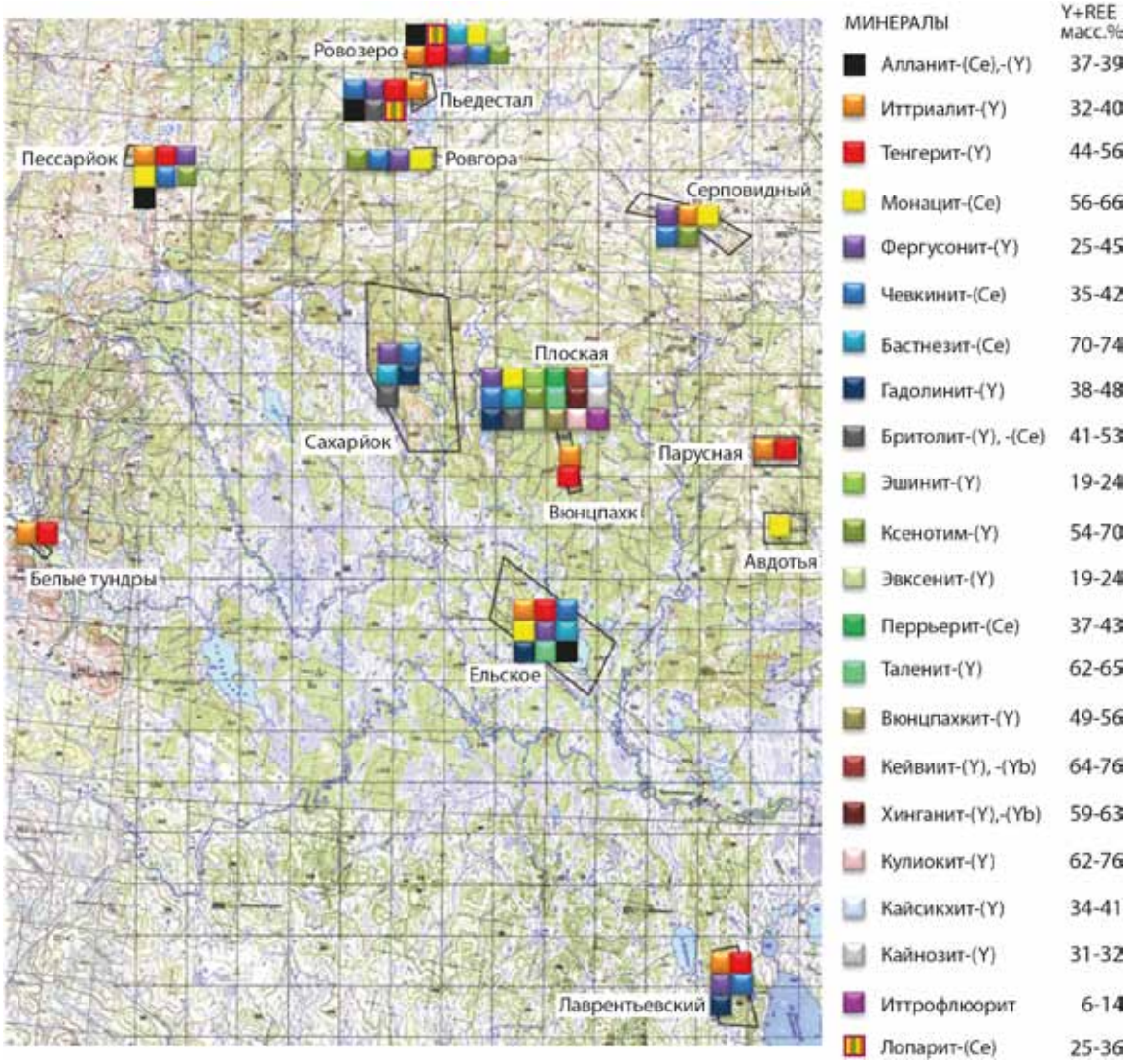


Рис. 3. Редкоземельные рудопроявления района Кейв.

щее время стоит вернуться к оценке перспективности ринкитовых рудопроявлений, так как резкий рост цен на редкоземельную продукцию и удачное расположение рудопроявления в зоне разрабатываемого Юкспорского месторождения апатито-нефелиновых руд могут сделать его отработку рентабельной при условии создания более совершенной технологии обогащения и переработки руд.

Ещё одним потенциальным источником редкоземельных металлов являются рудопроявления Зап. Кейв (рис. 3), генетически связанные с массивами щелочных гранитов и приуроченные к их апикальным частям (Пьедестал), к зонам эндо- и экзоконтактов (Юмперуайв, Тапперйок, Пессарйок и др.), а также к жильной фации щелочных гранитов и связанных с ними пегматитов (Ельскоозёрские 1 и 2, жила 63, Ровгора). Суммарные прогнозные запасы части этих рудопроявлений составляют порядка 64 тыс. т оксидов REE и Y. При этом далеко не все кейвские рудопрявления имеют оценку их промышленной перспективности в отношении редких земель. Одним из таких является Плоскогорское амазонитовое месторождение. При анализе минерального состава указанных рудопроявлений обращает внимание большое разнообразие редкоземельных минералов, встречающихся в амазонитовой жиле г. Плоской – больше, чем на любом другом аналогичном объекте района (рис. 3). Наличие такого большого количества минералов даёт основание ожидать здесь наибольших запасов редкоземельных металлов среди кейвских пегматитовых рудопроявлений (статья Г.Ю. Иванюка и др. в наст. сб., [7]).

Ещё одним перспективным комплексным источником Zr, REE и Y в данном районе является Сахарйокский щелочной массив. Его запасы редкоземельных металлов составляют 43.5 тыс. т (прогнозные и категории C_2) при среднем содержании в руде 0.34 масс. % REE_2O_3. Приведённые на рисунке 4 спектры REE в минералах кейвских рудопроявлений демонстрируют, что в отличие от ловозёрских и хибинских минералов, в них преобладают Y и тяжёлые лантаноиды, более востребованные на рынке, чем легкие.

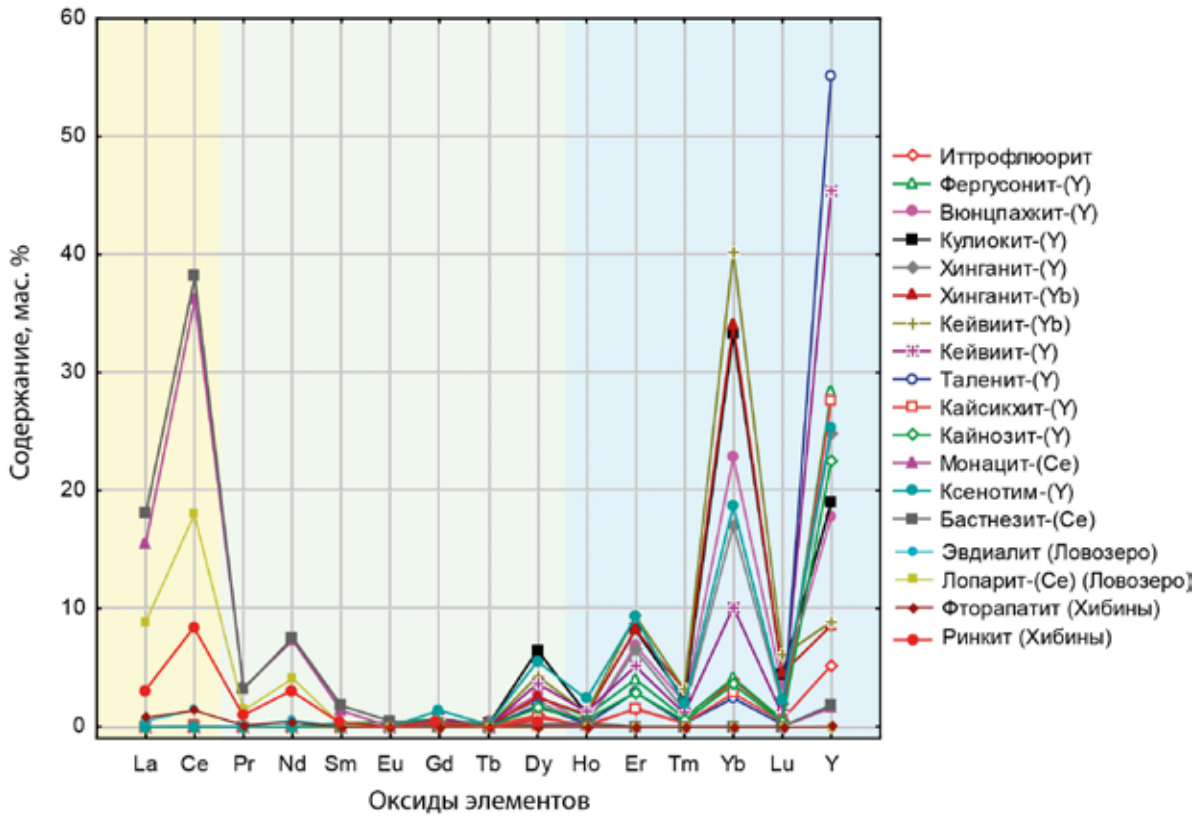


Рис. 4. Среднее содержание оксидов REE в минералах Кольской редкоземельной провинции.

Значительные перспективы связаны с пирохлором и цирконолитом Ковдорского железорудного месторождения, сконцентрированными, главным образом, в «аномальных» рудах. Они слагают два пространственно обособленных вертикальных трубообразных тела размером 130×60 м и 230×190 м, прослеженных на глубину до 800-900 м от поверхности (статья О.А. Калашникова и др. в наст. сб.). Содержание редкоземельных металлов и Y в пирохлоре составляет 3.9 масс. % (по 172 анализам), а в цирконолите – 5.4 масс. % (по 93 анализам). Извлечение радиоактивных пирохлора и цирконолита в процессе обогащения

комплексных руд месторождения позволит повысить качество товарных концентратов и попутно получить редкоземельное сырьё.

Исследования проводились в рамках проекта 1.2.4. Программы РАН № 27 «Фундаментальный базис инновационных технологий прогноза, оценки, добычи и глубокой комплексной переработки стратегического минерального сырья необходимого для модернизации экономики России».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Основные свойства редкоземельных металлов // www. equipnet.ru
2. Беляков А.Ю., Кравченко С.М., Минеев Д.А. и др. Минералого-геохимические, генетические и технологические особенности ийолит-уртитового комплекса и месторождений // Новые хибинские апатитовые месторождения. М.: Недра, 1982. С. 125-179.
3. Иванов С.Н. Оптимизация методики разведки и подсчёта запасов комплексных апатито-нефелиновых месторождений. Дисс. уч. ст. к.г.-м.н. М., 1987. 259 с.
4. Самонов А.Е., Самонов А.А. Редкоземельный Клондайк // www.newchemistry.ru
5. Афанасьев М.С., Салье Е.А. Месторождения ловчоррита в Хибинах // Хибинские редкие элементы и пирротины. V Хибинский сборник. Л.: Госхимиздат, 1933. С. 69-79.
6. Красоткин И.С., Лесков А.Л., Войтеховский Ю.Л. и др. Бурное прошлое ущелья Гакмана // Петрология и минералогия Кольского региона. Апатиты: Изд-во K & M, 2008. С. 44-48.
7. Ivanyuk G., Yakovenchuk V., Pakhomovsky Ya. et al. Self-organization of the Khibiny alkaline massif (Kola Peninsula, Russia) // Ed. Imran Ahmad Dar. Earth Sci. INTECH, 2011. P 131-156.

ЗОЛОТОРУДНОЕ МЕСТОРОЖДЕНИЕ ТАЛОВЕЙС В КОСТОМУКШСКОЙ ЗЕЛЕНОКАМЕННОЙ СТРУКТУРЕ: НОВЫЕ ДАННЫЕ ПО МИНЕРАЛОГИИ

Кулешевич Л.В.

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

Au-S-кварцевое оруденение ЮЗ части Костомукшской структуры приурочено к многофазным гранитоидным массивам, представленным диоритами, кварцевыми диоритами, гранит-порфирами с возрастом ~2.72 млрд. лет. Рудная минерализация обнаружена В.В. Ушковым (1986-1992), разведывалась В.Н. Фурманом (1996-2001) и изучалась автором с 1998 г. [1-8].

Диорит-гранит-порфировый комплекс Таловейс. В таловейсский комплекс входят массивы Центральный, Факторный и дайки ЮЗ части Костомукшской структуры (рис. 1). Тела гранитоидов приурочены к ССВ и субширотным зонам деформаций, секут смятые и уже метаморфизованные в амфиболитовой фации на раннем этапе складчатости вмещающие толщи рувинваарской свиты (амфиболиты по базальтам и коматииты). В апикальной части содержат ксенолиты метаморфизованных вмещающих пород и пород более ранних фаз внедрения. При широтной и меридиональной ориентировке, в результате более поздних деформаций внутриструктурные гранитоиды совместно с дайками габбро приобретают ССВ погружение и деформации со смещением: разбиты разломами ССВ простирания (пр. 20°) со сдвигом отдельных частей и «пропиткой» ослабленных зон кварцево-жильным материалом. Гранит-порфиры Центрального штока прорываются маломощными дайками и жилами фельзитов и микропорфиров (подобны геллефлинтам), лампрофирами и более поздними лампроититами (~1.44 млрд. л.). Дайки микродиоритов и андезидацитов прослеживаются на юг до участка Берендей, где по скважинам установлены многочисленные сближенные комагматичные тела [7].

Комплекс Таловейс представлен диоритами, кварцевыми диоритами, порфировидными гранитами и дайками известково-щелочной серии [1, 6-7]. Диориты и кварцевые диориты слагают шток Факторный, дайки и краевую часть массива Центрального. Это среднезернистые темно-серые амфибол-биотит-кварц-плагиоклазовые породы с вкрапленниками плагиоклаза и роговой обманки с более мелкозернистой основной массой. В массивах Факторном и Центральном выделяются тела диоритов-кварцевых диоритов субмеридионального и субширотного простираний и наблюдается постепенный переход от диоритов до кварцевых диоритов от краевой части штоков к центру (при мощности зоны от 1 до 10-15 м). Породы ранней фазы и дайки содержат SiO_2 от 55.34-57.7 до 60.12-62.12 %, сумма щелочей alk = 6.09-6.7 %, ($Na_2O > K_2O$), mg = 0.5-0.54.

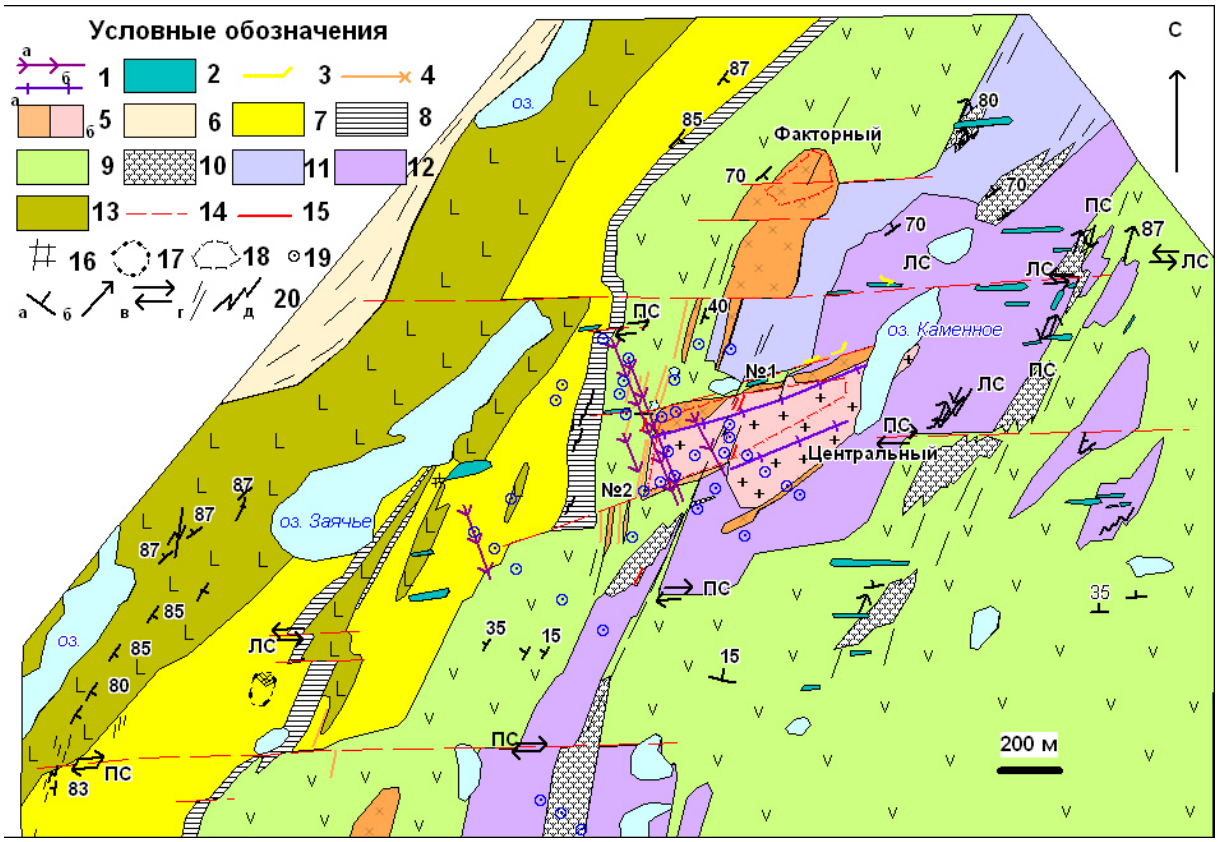


Рис. 1. Схема геологического строения участка Таловейс (составлена автором с использованием материалов КГЭ). Интрузивные тела: 1 – дайки лампроитов (а) и лампрофиров (б). 2 – габбро. Комплекс Таловейс: 3-4 – порфиры риодациты (3), микродиориты (4), 5 – диориты (а), гранит-порфиры (б). 6 – граниты в обрамлении структуры. Шурловаарская свита: 7 – дациты и их туфы. 8 – железистые кварциты. Рувинваарская свита: 9 – амфиболиты, 10 – метабазальты вариолитовые, 11 – коматиито-базальты, 12 – коматииты. Ниемиярвинская свита: 13 – амфиболиты. 14 – эруптивный центр. 15 – тектоника. 16 – прожилки. 17-18 – области штокверков. 19 – скважины. 20 – элементы залегания (а), погружение (б), сдвиги (в), рассланцевание (г), складчатость (д).

Гранит-порфиры слагают шток Центральный, породы массивные, крупнозернистые, с крупными порфировыми вкрапленниками плагиоклаза и голубого кварца, в зонах деформаций рассланцованы. В краевой (апикальной) западной и СЗ части они содержат ксенолиты амфиболитов, коматиитов и диоритов 1 фазы. Над погруженной кровлей обоих массивов развита эпидотизация и биотитизация вмещающих основных толщ и вкрапленно-прожилковая сульфидная минерализация с фоновыми концентрациями золота. По данным бурения, соединения массивов Центрального и Факторного не установлено. Вмещающие метакоматииты в южном эндоконтакте тремолитизированы и отальканы. Ксенолиты метакоматиитов в гранит-порфирах интенсивно отальканы, карбонатизированы и биотитизированы. Граниты 2 фазы относятся к известково-щелочным (SiO_2 67.41-67.66 %, alk = 6.93-7.23 %, Na_2O/K_2O = 1.4-1.9). Повышенная общая щелочность, содержание Ba, Sr, Zr, Ti, Cr и mg = 0.54-0.48 позволяют предполагать их связь с мантийным источником. Но подобный состав может быть обусловлен и ассимиляцией массивом многочисленных мелких ксенолитов ультраосновных пород. Более поздней фазой, секущей кварцевые диориты и гранит-порфиры, являются аплитовые жилы. Они встречаются в западной части массива Центрального, где имеют малую мощность (1.5-0.05 м), простирание по системе с аз. пр. 340 и 85°, 20° и сдвиговые смещения с аз. пр. трещин 15-50°. Аплиты содержат 73.7-77.06 % SiO_2, alk = 6.3-6.7 % (Na_2O ~6 %, K_2O 0.41-0.9 %, по составу близки к геллефлинтам), секутся кварцевыми жилами с сульфидами.

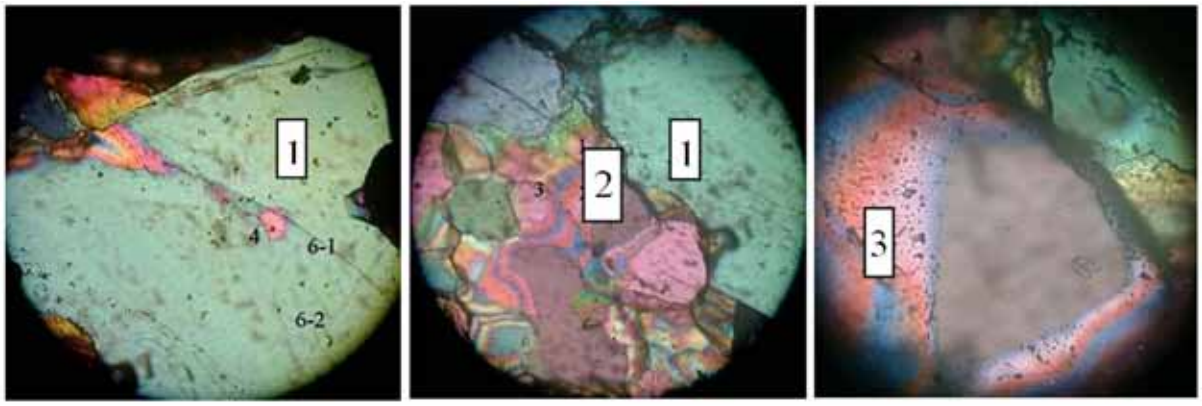
Метасоматические изменения пород. Внедрение массивов сопровождалось эпидотизацией вмещающих толщ. Во внешней зоне контакта кварцевых диоритов и гранит-порфиров по амфиболитам образуются биотит, эпидот, актинолит, карбонат. В участках с сульфидами фон и ореол золота повышенный 0.01-0.4 г/т (по данным КГЭ).

Изменения самих диоритов и гранит-порфиров происходили по типу пропилитизация-березитизация. Породы содержат бедную вкрапленность пирита. В западной и СЗ части штока Центрального и северной части Факторного насыщены сетью разноориентированных полевошпат-кварцевых прожилков с пиритом.

Ранние изменения сопровождаются кварцем, альбитом, эпидотом, эпидотом с РЗЭ, серицитом, незначительно кальцитом, карбонатом с РЗЭ, пиритом (до 1-3 %). Содержание Au в гранит-порфирах с убогой вкрапленностью пирита колеблется (0.01-0.5, до 5 г/т). Область штокверка представлена сетью разноориентированных полевошпат-кварцевых прожилков (0.3-1 см). Они выполняют сколовые (пр. СВ 40°, СЗ 320°) и концентрические трещины. В них встречается пирит (5-10 %), установлено золото от 0.1 до 2-10 г/т (Центральный) и 0.4-6.4 г/т (Факторный).

Кроме разноориентированных прожилков, шток Центральный разбит трещинами ССВ-20° простирания со сдвигом. Основная сдвиговая зона выполняется Главной кварцевой жилой мощностью от 0.1-2 до 7-10 м. В зальбандах развиты кварц, микроклин, альбит, мусковит, эпидот, хлорит. Граниты вблизи жилы раздроблены; кварцем и хлоритом «залечиваются», в том числе, раздробленные аплитовые жилы. В центральной части штока более широко развита микроклинизация (по керну скважин). С Главной жилой связано малосульфидное Au-кварцевое оруденение месторождения Таловейс. Она имеет крутое СВ падение и разветвляется на глубине. Содержит в зальбандах обломки рассланцованных и измененных гранит-порфиров. Околожильные метасоматиты включают кварц, микроклин, мелкочешуйчатую слюду, меньше эпидот, хлорит, кальцит. Золоторудная минерализация тяготеет к зальбандам. Рудное тело-1, приуроченное к жиле и ее зальбандам, прослежено на глубину 50 м и простиранию на 100 м, мощность оценивается до 10 м (по В.Н. Фурману). Среднее содержание Au составляет 4.5-5.6 г/т, максимальное − до 32-60 г/т. В южной части участка на продолжении шир-зоны выделено рудное тело-2 мощностью от 2-3 до 10-20 м (С-65, глубина 40 м), протяженностью 100 м, по падению 80 м. Содержание Au 1.6-4.26 г/т (ср. 3.5 г/т).

Из Главной жилы и прожилков отобраны образцы кварца, по которым изучались газово-жидкие включения (рис. 2). Начальная $T_{обр.}$ прожилков штокверка и кварца-1 и 2 из жилы составляла ~360-380° [4]. В Главной жиле золото отлагалось при снижении температуры и вскипании растворов, что сопровождалось образованием более позднего флюидонасыщенного кварца-3 (при T = 190-140 °C и снижении P до 0.1 кбар). Флюидный режим рудоотложения менялся от хлоридных, углекислотно-водных растворов с примесью метана до существенно водных.



Кварц 1-ой генерации Кварц 1-ой и 2-ой генерации Насыщение ГЖВ каймы кварца-3

Рис. 2. Газово-жидкие включения в кварце разных генераций, уч. Таловейс [4].

Типы руд и рудная минерализация. Au оруденение приурочено к гранитам штока Центрального (месторождение Таловейс) и штоку Факторному (проявление Факторное) и частично выходит за их пределы в амфиболиты (жила Ушкова). На участке Таловейс (шток Центральный) можно выделить несколько типов рудной минерализации и среди них два основных: 1 − шеелит-пиритовая вкрапленная минерализация в диоритах; 2 − вкрапленно-прожилковая малозолотоносная сульфоарсенидная (арсенопиритовая в кварцевых диоритах СЗ части массива); 3 − вкрапленно-прожилковая Au-полиметаллическая (халькопирит-сфалерит-пирротин-пиритовая) минерализация (К-74); 4 − вкрапленные и вкрапленно-прожилковые Au-сульфидно-кварцевые руды штокверка в апикальной части гранит-порфиров; 5 − малосульфидные Au-кварцевые руды Главной жилы и сопряженных зон.

Шеелит-пиритовая и арсенопиритовая (низкозолотоносная) минерализация (1 и 2 типы руд) приурочены преимущественно к диоритам и кварцевым диоритам 1 фазы. Первый тип представлен пиритом, шеелитом, висмутом. Во 2 типе преобладает арсенопирит, встречаются пирит, халькопирит, Bi, сульфосоли системы Ag-Pb-Bi-S (трежерит $Ag_7Pb_6Bi_{15}S_{32}$, муммеит $Cu_{0,5}Ag_{3,11}Pb_{1,1}Bi_{6,65}S_{13}$).

Au-полисульфидные прожилки в северной части штока Центрального (К-74) содержат кварц, биотит, олигоклаз, микроклин, эпидот, хлорит, акцессорный циркон, апатит, сфен, рутил. Рудная ассоциация представлена сфалеритом (Fe 5.92-8.44 %, Cd 1.6-3.09 %), пиритом, в меньшем количестве пирротином, халькопиритом, галенитом, висмутом, хедлейитом (Bi 81.79 %, Te 17.85 %, Ag 0.36 %), сульфоцумоитом. Au и электрум (размер 2-20 мкм) содержат Ag от 4.76-5.63 % до 28.18-30 % (табл. 1) и до 5.4 % Zn. Пирит при окислении замещается гематитом и баритом.

Таблица 1. Минералы Au месторождения Таловейс.

Элем.	1	2	3	4	5	6	7
Zn			5.41				
Ag	5.63	29.34	26.9	35.22	23.21	26.71	5.72
Au	94.37	70.66	67.68	76.79	64.78	73.29	94.28
Te							
Сумма	100	100	100	100	100	100	100
Обр.	К-74	К-74	К-74	Т-12/1	Т-12/4	Т-12/4	Т-12/5
Уч.	15-1	35-1	16-3	7-1	16-1	3-1	29-1

Элем.	8	9	10	11	12	13	15
Zn							
Ag	7.33	12.47	21.13	7.07		41.57	17.6
Au	92.67	87.53	78.87	92.93	45.44	26.11	35.43
Te					54.56	32.32	46.97
Сумма	100	100	100	100	100	100	
Обр.	Т-12/5а	Т-12/5а	Т-12/5а	Т-12.-7	tal	Т-12/5а	tal
Уч.	8-1	33-1	31-2		10-2	12-1	6-1

Примечание. Au-полиметаллический тип руд (1-3): 1 – Au, 2-3 – электрум. Au-сульфидные прожилки штокверка (4-6): 4 – электрум, 5-6 – высокосеребряное Au. Au-малосульфидные руды Главной жилы (7-15): 7-10 – Au с пиритом, 11 – видимое Au в кварце, 12 – калаверит, 13 – петцит, 14 – мутманнит.

Четвертый тип рудной минерализации выделяется по присутствию вкрапленного пирита в породе и вкрапленно-прожилкового золото-пиритового оруденения штокверка. В пирите (при валовом анализе фракции) установлено Au. В ассоциации с ним встречаются единичные зерна тетрадимита, халькопирита, реже Bi и Ag. Во вкрапленно-прожилковом, наиболее представительном типе руд штока Центрального, нерудная ассоциация представлена кварцем, плагиоклазом, встречаются микроклин, биотит, эпидот, хлорит, апатит, рутил, циркон, монацит, карбонаты РЗЭ. Пирит имеет кубический габитус (размер 0.1-0.6 мм) и содержит мелкие включения сульфидов, проникающие в него по микротрещинкам. Сульфиды представлены пирротином, галенитом, халькопиритом, присутствуют Bi, хедлейит, пильзенит, тетрадимит, штютцит, сульфосоли, реже эмпрессит, гессит, алтаит, в рудном теле-2 встречен тучекит (Ni-Sb). Bi находится в срастании с галенитом и сульфосолями. Au содержит до 23.21-35.22 Ag %.

Малосульфидные Au-кварцевые руды. Главная жила сложена кварцем, в ее зальбандах встречаются биотит, альбит, микроклин, мусковит, меньше кальцит, хлорит. Мелкозернистый пирит (0.1-3 мм) составляет 5 %, другие рудные минералы и Au ~1 % (от всех сульфидов). Среди них установлены пирротин, халькопирит, галенит, гессит, теллуровисмутит, Ag-Pb-Bi-S-сульфосоли, алтаит. Сульфосоли и Bi-Te-минералы выделяются после сульфидов. Au встречается самостоятельно, в срастании с пирротином и сульфосолями и в мелких дефектах в пирите. Au содержит 4.80-21.13 % Ag, причем в более крупном по размеру установлено 4.80-9.82 % Ag, в тонкодисперсном 13.57-21.13 % Ag. Непосредственно с Au в кварце находятся калаверит $AuTe_2$, петцит $AuAg_3Te_2$, гессит Ag_2Te (устойчив при $T < 145^o$), мутманнит $AuAgTe_2$. Известно, что петцит в матрице гессита выделяется при распаде Au-Ag-Te твердого раствора при $T < 50^o$. То есть, для кварцевой жилы характерна низкотемпературная типоморфная ассоциация Au с минералами Ag и Te, что сопоставимо с данными, полученными при изучении ГЖВ в кварце-3.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кулешевич Л.В. Кислый магматизм и золотое оруденение Костомукшской структуры // Геология и полезные ископаемые Карелии. Петрозаводск: Изд-во КарНЦ РАН, 2002. № 5. С. 59-72.
2. Кулешевич Л.В. Эволюция эндогенных режимов и стадийность золотого рудообразования в Костомукшской структуре // Докл. АН. 2004. Т. 396. № 6. С. 808-812.
3. Кулешевич Л.В. Васюкова О.В. Условия формирования золоторудного месторождения Таловейс в докембрии Карелии // Докл. АН. 2005. Т. 403. № 6. С. 848-851.

4. Кулешевич Л.В., Васюкова О.В., Фурман В.Н. Минералогия и условия формирования золоторудных проявлений Костомукшской структуры по данным ГЖ включений // Зап. ВМО. 2005. № 5. С. 19-31.
5. Кулешевич Л.В., Фурман В.Н. Таловейс – докембрийское золоторудное месторождение в Костомукшской структуре, Запа. Карелия // Региональная геология и металлогения. 2006. № 28. С. 102-112.
6. Кулешевич Л.В., Фурман В.Н., Коротаева Н.Н. Золоторудное проявление Берендей, Ю.-Костомукшское рудное поле // Геология и полезные ископаемые Карелии. Петрозаводск: Изд-во КарНЦ РАН, 2000. С. 50-59.
7. Кулешевич ЛВ, Фурман В.Н. Золоторудное месторождение Таловейс в Костомукшской докембрийской зеленокаменной структуре, Карелия // Геология рудных месторождений. 2009. № 1. С. 58-76.

ФРАМБОИДЫ ПИРИТА И ДРУГИХ МИНЕРАЛОВ В ШУНГИТАХ ОНЕЖСКОЙ СТРУКТУРЫ

Куликова В.В., Куликов В.С.

Институт геологии КарНЦ РАН, Петрозаводск, vkulikova@yandex.ru

Фрамбоидам, преимущественно пирита, посвящено много публикаций [2, 3, 4, 6, 11, 12 и др.]. Они, как конкреции, оолиты и шаровидные агрегаты, сформированы множеством одинаково ограненных изо-

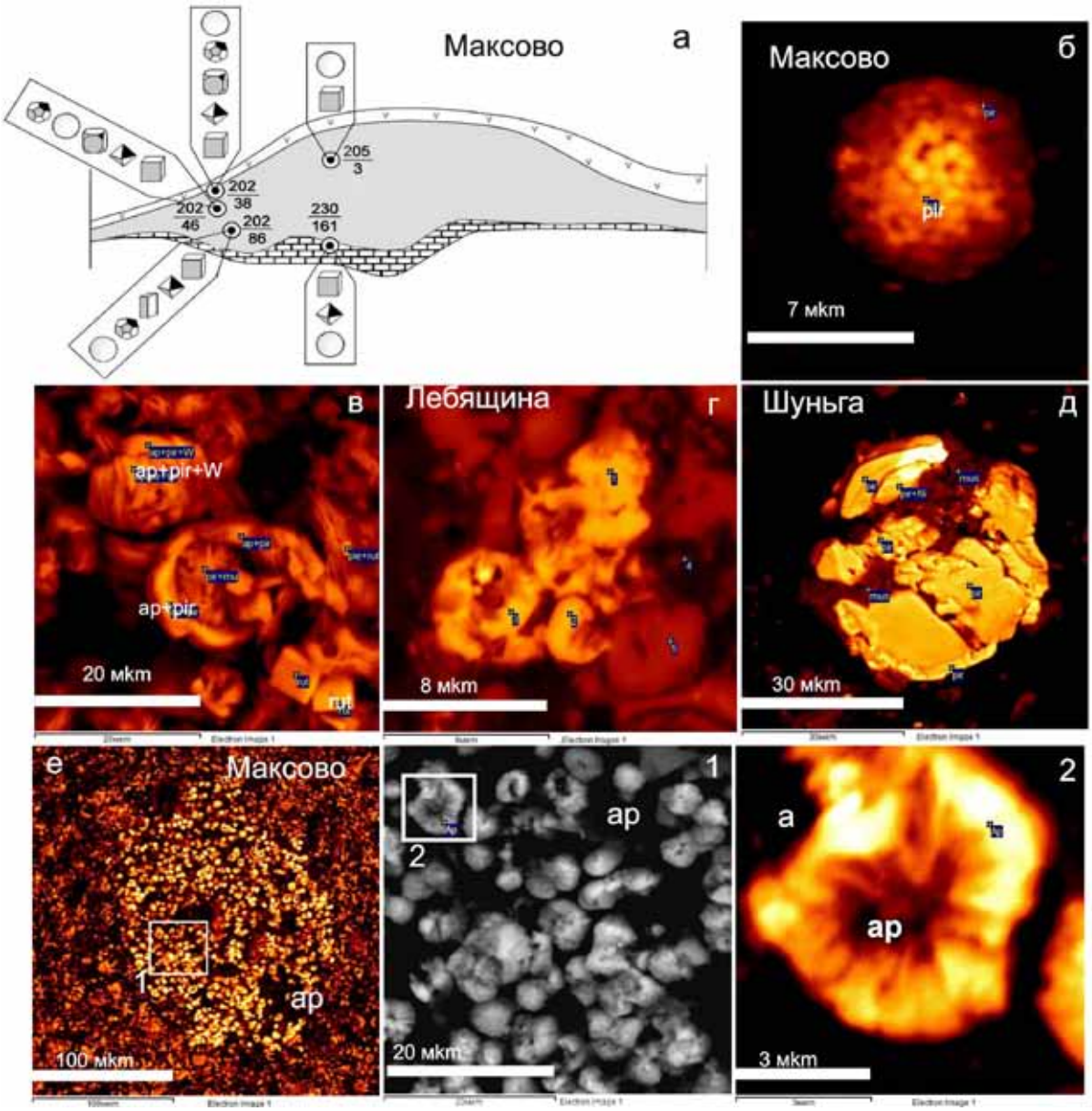


Рис. 1. Геологическая схема Онежской структуры и точки отбора проб.

метричных плотно «уложенных» зёрен подобно сердцевине спелого граната или малины, имеют размеры от 1 мкм до 1-2 мм. Считается, что фрамбоиды типичны для пирита, марказита и некоторых других минералов, образующихся за счет раскристаллизации коллоидальных масс в результате диагенетического преобразования придонных илов и гелей в торфяниках, болотах, озерах и морских осадках, а также в составе осадочных и метаморфических пород разного возраста [4]. Авторами при изучении мафит-ультрамафитового магматизма в Онежской структуре (ОС) установлено, что вмещающие магматические тела углеродсодержащие осадки (шунгиты) содержат неясного возраста образования (акритархи - ?): микрофоссилии, медузоидные, радиолярии (?) и др., замещенные фрамбоидальными пиритом, титанитом, «биогенным» кварцем [9] (рис. 1).

Ранее [1, 7] изучение монофракций сульфидов с разных горизонтов залежи Максово (рис. 2 а) показало присутствие различных по морфологии, строению и свойствам пиритов: «В кровле залежи (проба 205/3) преобладают пириты кубической и округлой формы, по мере приближения к центральной части (проба 202/46) наряду с кубическими и округлыми формами появляются октаэдры, кубооктаэдры и агрегаты (друзы) мелких октаэдров. В центральной части (проба 202/86) наряду с пиритом кубической формы (основная часть), октаэдрами, брусками, округлыми зернами появляются пентагондодекаэдры пирита. В подошве залежи (проба 230/161) в шунгитсодержащем известняке под «Максово» встречены кубические, октаэдрические кристаллы пирита, а также моносростки пирита в виде глобул. Наиболее богатые гранями кристаллы пирита образуются в центральных, более глубинных и высокоуглеродистых частях месторождения». Отсюда следует, что опосредованно приводится характеристика фрамбоидальных форм пирита шунгитовой залежи Максово.

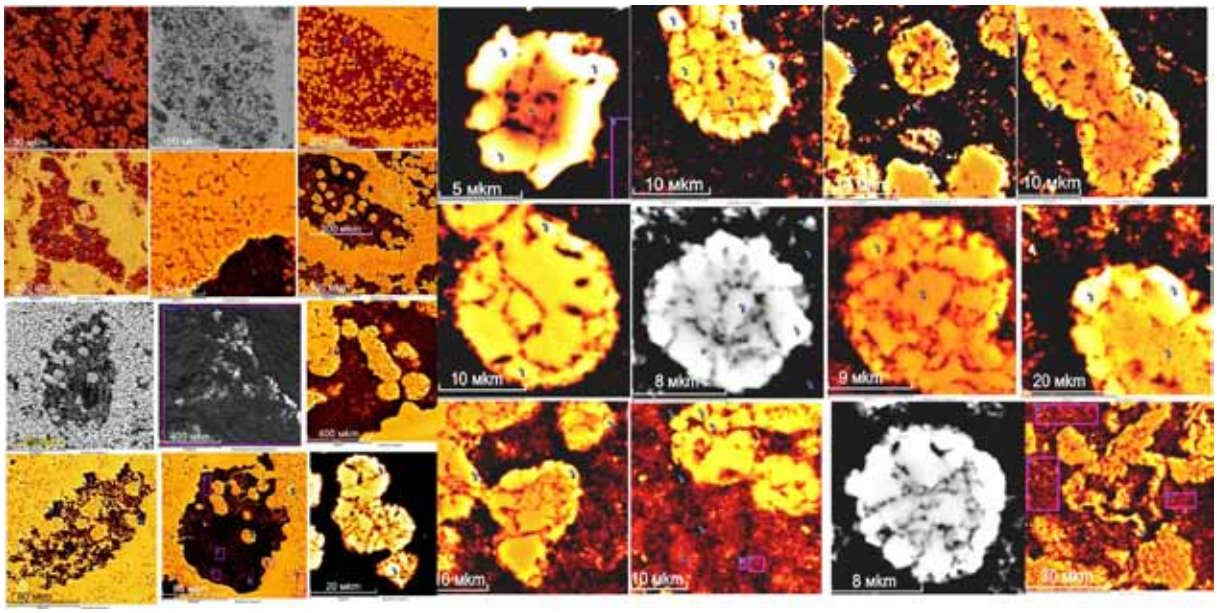


Рис. 2. Фрамбоид-структуры пирита (А, Б), Лебящина (Г) и Шуньга (Д) и апатита на участках Максово (В, Е).

Авторами при участии А.Н. Тернового (ИГ КареНЦ РАН) с помощью системы энергодисперсионного микроанализатора «INCA Enerdgy 350» (Oxford) и сканирующего электронного микроскопа «VEGA II LSH» (Tescan) изучены биоморфозы (эукариоты ?), выполненные фрамбоидальным пиритом, апатитом, рутилом, биокварцем (?) на ряде участков ОС: Шуньга, Максово, Лебящина, р. Суна (участки «Мостик» и «Чёрный»), о-ве Березовец [6, 7]. Составляющие фрамбоиды глобулы разных минералов диаметром от 1 до 3-7 мкм, вероятно, зависят от состава исходного вида бактерий (рис. 2) и матрицы осадков. Фрамбоидальный пирит встречен повсеместно, но более характерен для западной окраины ОС. Агрегации «биогенного» кремнезема чаще встречаются на востоке ОС. Фрамбоидальный рутил (по В.В. Куликовой – по древнейшим медузоидным) образует неправильные агрегаты, «оборки» которых содержат Ti (кроме S, K, Cl) редко в форме сфена и постоянно – рутила. В препаратах шунгитов участка Шуньга (штольня) преобладает кремнистая матрица, в которой установлены три крупных разновидности кварца: 1) наиболее поздний хорошо раскристаллизованный с прекрасно ограненными головками; 2) глобулярный; 3) базальный, тесно ассоциированный с С (керогеном по сапропелю ?). Глобулярный кварц (рис. 3) представлен отдельными глобулами размером в среднем 20 мкм, имеющими сложное строение и состав.

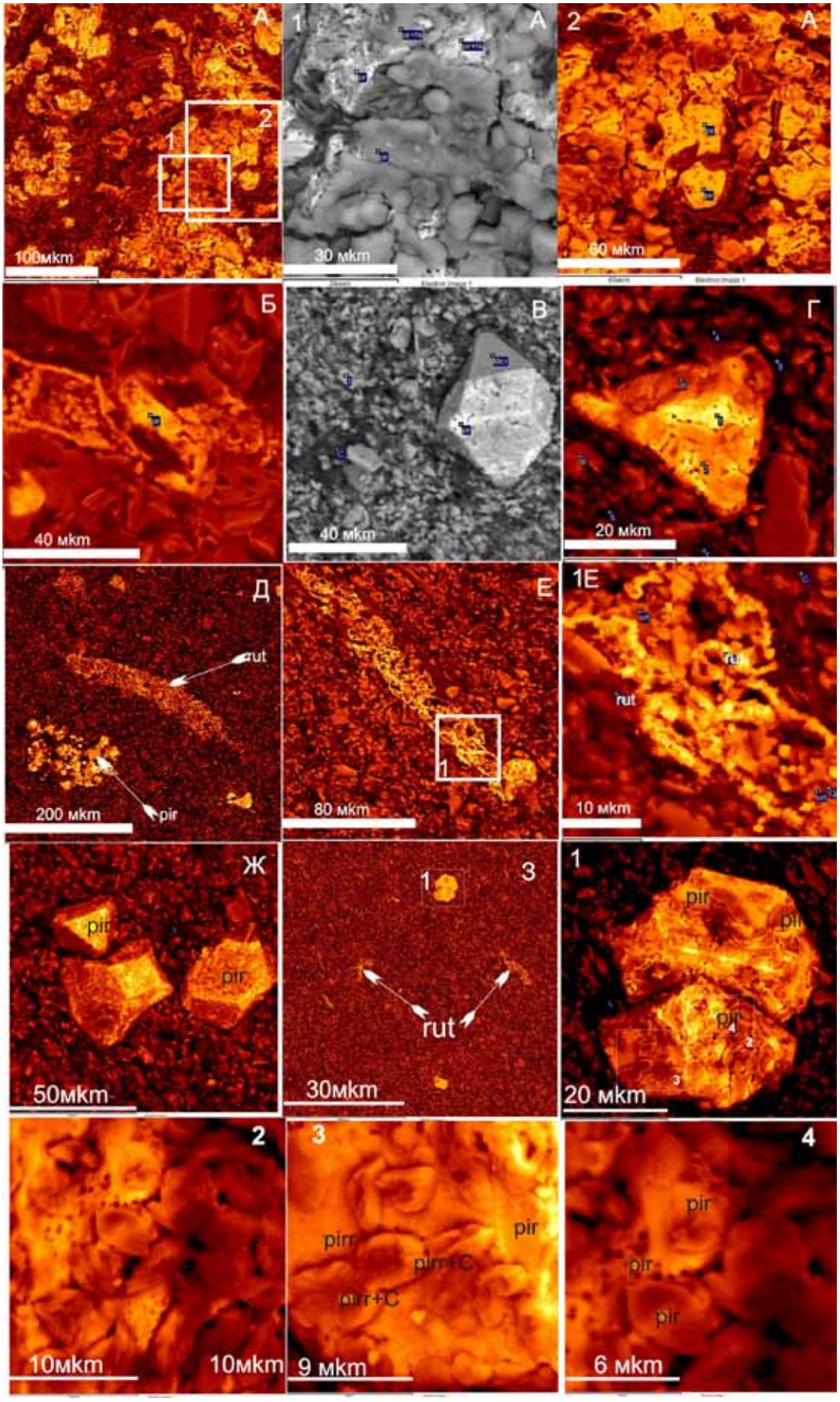


Рис. 3. Общий вид «радиолярита» - лиддита, уч. Шуньга (штольня), Заонежье, Карелия и структуры отдельных глобул (особей радиолярий).

Краевая зона глобул сложена (SiO_2- $(SiOH)_4$) растворимым кремнеземом (среднее, ат. %): C 34.97; O 49.46; Si (или SiO_2) 15.57, тогда как ядро – кварцем: Si (или SiO_2) 68.5, O 31.5. Структура глобулы может быть сопоставлена со структурой радиолярий, которые при жизни имели иглы, а подсчет фрагментов, создающих оболочку глобулы, свидетельствует об их стабильном числе ~20. Предполагается, что размерность глобул, их строение, характер отложения может свидетельствовать о присутствии в Заонежье горизонта «прарадиоляритов» дискуссионного возраста.

Горизонты шунгитовых пород на западе ОС прослеживаются на о-ве Черный оз. Сундозеро, вдоль р. Суна, вокруг оз. Мунозеро. На участке Мостик в них выявлены акритархи (?) в виде глобул, замещенные фрамбоид-пиритом, биогенным Q, нанорутилом. Размеры глобул варьируют от первых мкм до 1мм (редко 3-5 мм), на правом берегу р. Суны они достигают 3 мм. Фрамбоиды пирита имеют сложное строение: округлые и овальные кристаллиты пирита размером 3-5 мкм (рис. 4) формируют эвгедральные кристаллографические и округлые выпуклые зерна – фрамбоиды или полиэдры [5].

Иногда грани зерен наиболее раннего пирита, образующие грани фрамбоида, представлены пирротином (рис. 3). По структурным признакам выделяются три основные разновидности фрамбоидального пирита [3]: высокоупорядоченная, низкоупорядоченная и структурно-разупорядоченная. В биомаркерах

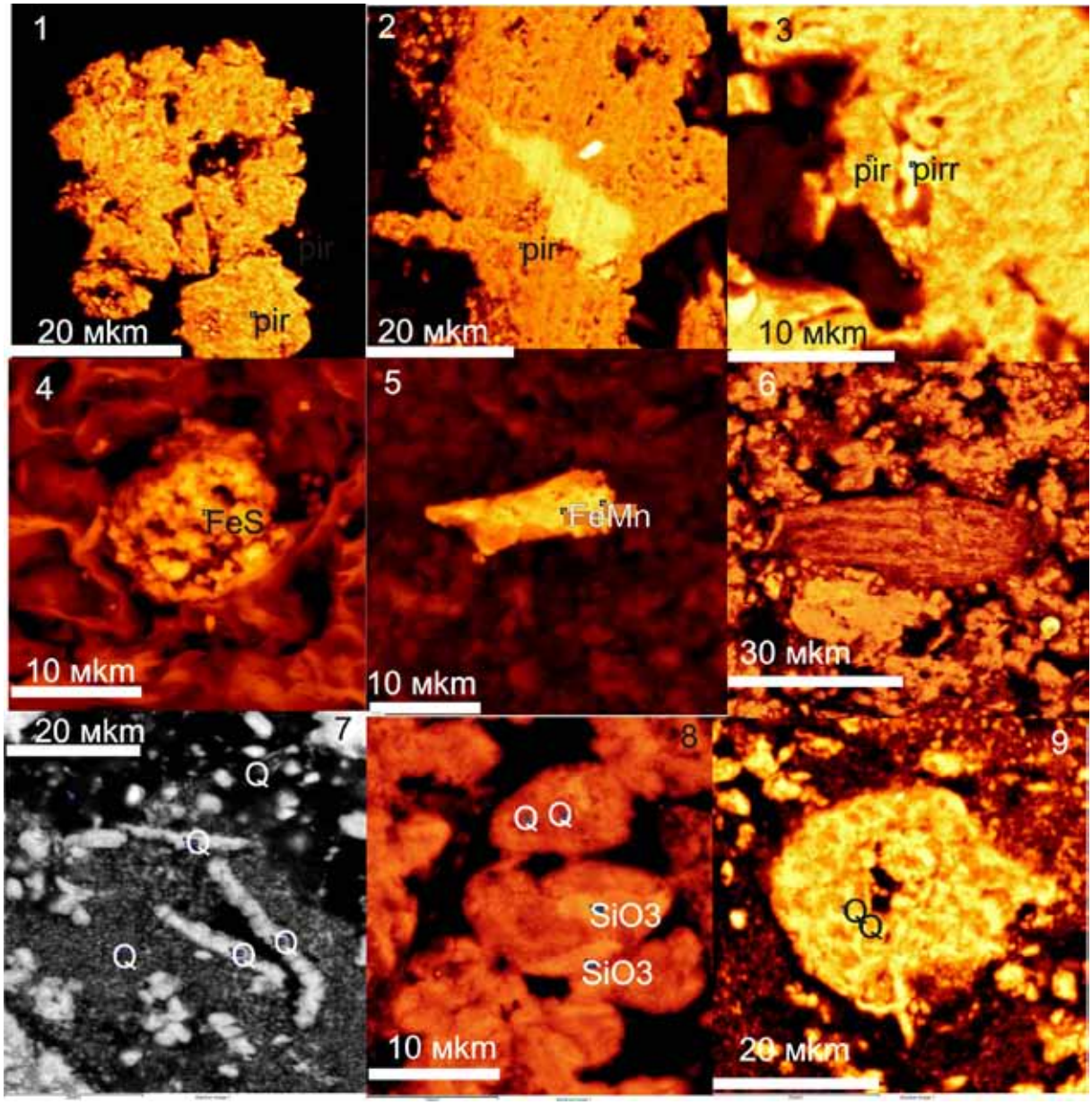


Рис. 4. Фрамбоидальные пирит и рутил в шунгитах уч. Мостик. А-Г и Ж-З – эвгедральные зерна и фрамбоиды пирита. Д - Е – фрамбоидальный рутил.

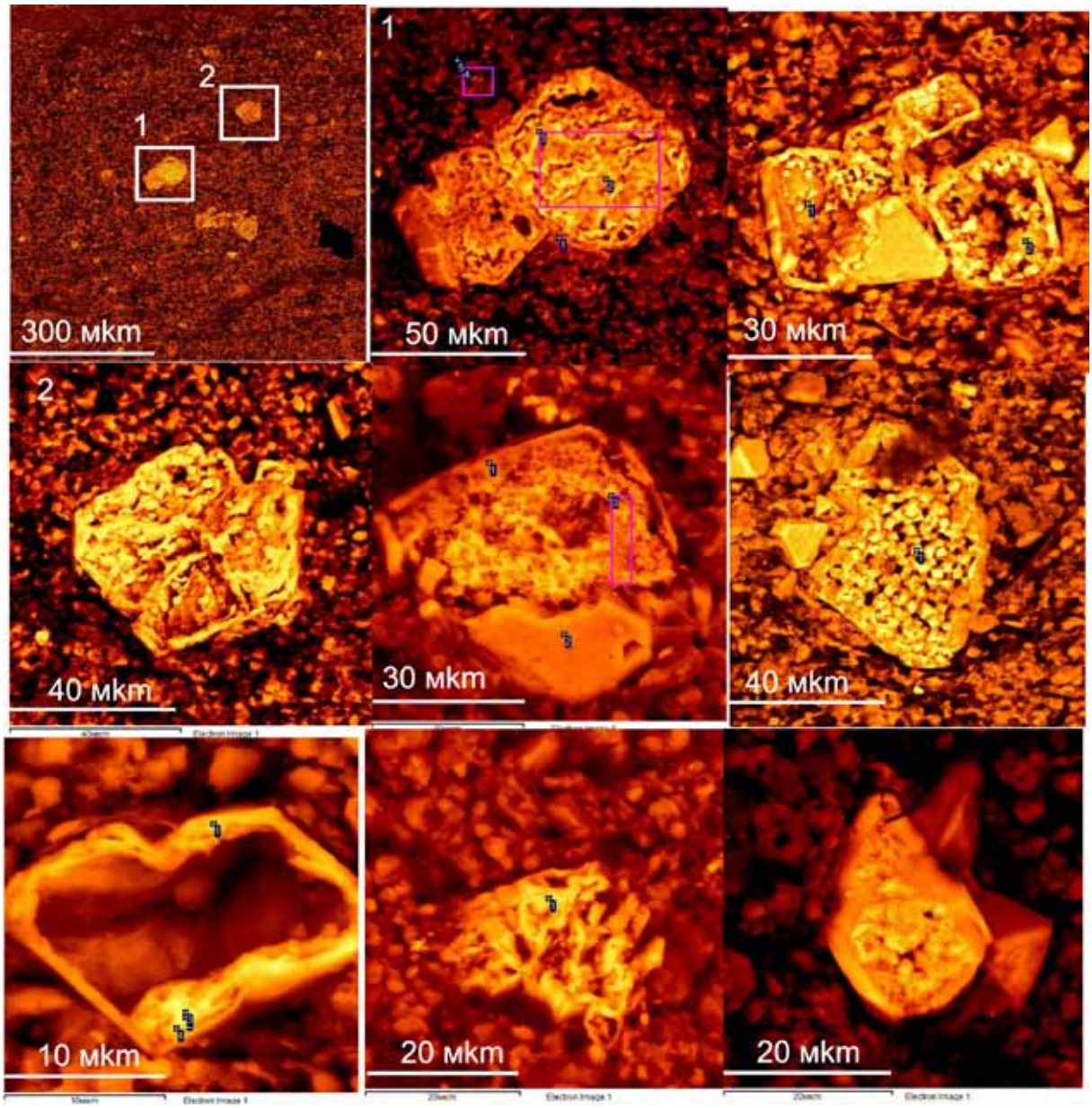


Рис. 5. Фрамбоидальный пирит в шунгитах о-ва Черный.

описываемых участков преобладают высокоупорядоченные фрамбоиды в виде кубооктаэдрических, октаэдрических, кубических и др. форм кристаллов. Глобулы пирита в данном случае имеют плоские структуры – низкоупорядоченный тип. В шунгитах о-ва Черный соотношение минералов меняется: 1) фрамбоидальный пирит представлен кубическими кристаллами размером ~ 1 мкм и образует стяжения, в которых редко появляется пирротин (троилит ?), самородное Fe с примесью Mn, халькопирит, галенит, сфалерит, барит, монацит, значительное количество цирконов и др. (рис. 5: 1-5); 2) «биогенный» кварц (SiO_3 ?) сложной формы (рис. 5: 7-9). Здесь же встречена проблематика типа бактерий (рис. 5: 6).

Участок Березовец находится на одноименном о-ве у южного окончания Заонежского п-ова и сложен долеритами (северная половина) и углеродсодержащими (шунгитовыми) породами. Основой в них является тонкозернистый хорошо ограненный кварц с неоднородно переслаивающимся с ним углеродным веществом: пластинками 2 × 1 и тоньше 1 μм. Для участка характерны акритархи, замещенные фрамбоидальным пиритом. При этом оболочки имеют тот же состав, но слоистую структуру. Слой фрамбоидального пирита мощностью от 1 см до 4 м установлен в Онежской параметрической скважине в инт. 876-913 м [8] в сульфидоносном горизонте мощностью 37 м, сложенном туфогенными углеродистыми алевропелитами с густовкрапленной (до массивной) сульфидной минерализацией. Информации о присутствии там следов фитопланктона нет.

Фрамбоиды указанных минералов морфологически сопоставимы с колониальными зелеными водорослями семейства вольвоксовых, образующими колонии клеток – полиэдры (фрамбоиды – «малина») в виде однослойных сфер диаметром от долей до нескольких мм в некоторых случаях с формами фуллеренов [5]. Считается, что формирование прослоев с фрамбоидами пирита происходит в нелитифицированных донных отложениях застойных иловых впадин морского бассейна в виде гиттии, в котором господствует флишоидный характер [3], где выделяется диагенетический тип минерализации, представленной тонким фрамбоидальным пиритом, насыщающим неяснослоистые углеродистые аргиллиты, в которых он составляет до 40-60 об. % и формирует пиритоносные уровни. В современных точках гидротермальной активности фрамбоидальный пирит может образовывать скопления в нелитифицированных сульфидных песчаниках, залегающих на поверхности дна.

Более проблематичные фрамбоидальные апатиты (фосфориты), рутилы и «биокремнезем» изучены значительно меньше или не исследованы вовсе. Но их присутствие на большей части территории ОС позволяет на современном уровне выявить особенности состава морского бассейна, его гидродинамику и временной интервал формирования тех или иных биоморфоз и кризисы в их преобразовании, например, следы камасита-тэнита, ярлонгита, самородного Ni и др. в восточной части ОС как следствия крупного космического события.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Атлас текстур и структур шунгитоносных пород Онежского синклинория // Ред. М.М. Филиппов, В.А. Мележик. Петрозаводск: Изд-во КарНЦ РАН, 2006. 80 с.
2. Белогуб Е.В. Онтогения гипергенных сульфидов из зон окисления // RMS DPI 2009-1-3-0 http://www.minsoc.ru/2009-1-3-0.
3. Берберьян Т. К. Фрамбоид-пиритные агрегаты в рудах колчеданных месторождений и их генетическое и поисковое значение. Автореф. дисс. к. г-м.н. Новочеркасск: Изд-во ЮРГТУ (НПИ), 1983. 21 с.
4. Булах А.Г. Общая минералогия. http://www.swimcincinnati.com/str0.htm.
5. Войтеховский Ю.Л. О кристаллах, полиэдрах, радиоляриях, вольвоксах, фуллеренах и немного – о природе вещей // Природа. 2004. № 8. С. 19-24.
6. Исламов А.Ф. Минералого-геохимические особенности и условия формирования ископаемых углей Республики Татарстан // Автореф. дисс. к. г.-м.н. Казань: ИГ и НТ Казанского ФУ, 2012. 22 с.
7. Кевлич В.И., Галдобина Л.П., Кукушкина П.И. и др. О кристалломорфологии пирита в шунгитах месторождения Максово // Геология и полезные ископаемые Карелии. Вып. 8. Петрозаводск: Изд-во КарНЦ РАН, 2005. С. 86-88.
8. Краткие сведения по объекту «Онежская параметрическая скважина» http://karelnedra.karelia.ru / geolinform/onego_skv0.htm
9. Куликова В.В. Биомаркеры – акритархи в шунгитах Онежской стуктуры как свидетели сложного режима формирования заонежской свиты палеопротерозоя // Матер. совещ. «Современное состояние наук о Земле». М.: Изд-во МГУ, 2011. С. 1041-1046.
10. Куликова В.В., Бычкова Я.В., Куликов В.С. Минералы кремнезема и их роль при характеристике шунгитов Заонежья: радиолярии (?) – лидиты (?) – яшмы // Матер. Всерос. научн. конф. «Уральская минералогическая школа – 2011». Екатеринбург, 14-16 сент. 2011 г. Екатеринбург: Изд-во ИГГ УрО РАН, 2011. С.114-118.
11. Онежская палеопротерозойская структура: геология, тектоника, глубинное строение и минерагения // Ред. Л.В. Глушанин, Н.В. Шаров, В.В. Щипцов. Петрозаводск: Изд-во КарНЦ РАН, 2011. 431 с.
12. Станевич А.М. Микрофоссилии в стратиграфии позднего протерозоя Саяно-Байкальского и Анабаро-Оленекского регионов. Автореф. дисс. к.г.-м.н. Н.: ИНГГ СО РАН, 2011. 44 с.

РУДНАЯ МИНЕРАЛИЗАЦИЯ СЕВЕРО-ГИРВАССКОГО Au-Sb-As-S-ПРОЯВЛЕНИЯ

Лавров О.Б., Кулешевич Л.В.

Институт геологии КарНЦ РАН, Петрозаводск, petrlavrov@mail.ru; kuleshev@krc.karelia.ru

В архейской части Койкарской зеленокаменной структуры в Ц. Карелии при полевых работах 2009 г. в карьере АО «Минера» обнаружена зона рассланцевания с вкрапленной пиритовой минерализацией. Проявление и сдвиговая зона названы Северо-Гирвасскими. Впоследствии установлен новый тип Au-Sb-As-S минерализации в кварцевых жилах, приуроченных к субмеридиональной сдвиговой зоне. Оруденение представлено пиритом, арсенопиритом, Fe-Ni-Co-Sb-сульфоарсенидами, галенитом, Ag-Bi-галенитом, халькопиритом, сфалеритом, пенландитом, Bi, электрумом, кюстелитом, гаухекорнитом, матильдитом, образовавшимися в мезотермальных условиях при T = 350-200 °C. Источник вещества предполагается комплексный. Состав минералов изучался с помощью микроанализатора INCA Energy 350, совмещенного с электронным микроскопом VEGA LSH в ИГ КарНЦ РАН (аналитик А.Н. Терновой, коллекция О.Б. Лаврова и Л.В. Кулешевич). Некоторые минералы обнаружены в Карелии впервые.

Рудная минерализация представлена: 1) вкрапленностью пирита в тонкоплитчатых сланцах и обособленных карбонат-кварцевых гнездах и линзах (1-ая генерация сульфидов, сопряженная с ранними складчатыми пластическими деформациями); 2) Au-Sb-As-сульфидной вкрапленной минерализацией (2-я генерация минералов в кальцит-кварцевых и кварцевых жилах и прожилках, сопряженных с более поздними хрупкими деформациями). Типоморфной является ассоциация Au, галенита, сфалерита, пентландита, Fe-Co-Ni-Sb-S-As фаз (стибиосульфоарсенидов). Подобная известна в зеленокаменных поясах со сближенными разрезами вулканогенно-осадочных толщ кислого состава с коматиитами Вост. Карелии на месторождении Рыбозеро. Au отличается повышенным содержанием Ag (электрум и кюстелит), широко распространены Bi, антимонид Bi, минералы Ag.

Околорудные изменения. Метаморфический парагенезис сланцев по кислым слоистым толщам и агломератовым туфам, слюдисто-хлоритовых сланцев, карбонатсодержащих пород и метакоматиитов представлен низкотемпературной ассоциацией зеленых сланцев. В серо-зеленых «кровельных сланцах» развиты хлорит, серицит, маложелезистый доломит, кальцит, кварц, альбит, рутил. В зоне сдвиговой деформации наблюдается перекристаллизация минералов сланцев с образованием их послойных и линзовидных обособлений. Нерудная ассоциация жил и гнезд представлена кварцем и кальцитом (5-30 %), в зальбандах – хлоритом, серицитом и кальцитом.

Сульфидная минерализация 1-ого типа представлена вкрапленностью и гнездами пирита (5-30 %) в срастании с небольшим количеством встречаются халькопирит, иногда герсдорфит и сульфосоли. Встречаются срастания удлиненно-призматических кристаллов сурьмяных Pb-Cu-сульфосолей размером 2-10 мкм (буланжерит-фалькманит $Pb_3Sb_2S_6 – Pb_5Sb_4S_{11}$, фаматинит Cu_3SbS_4, менегинит $Pb_{13}(Fe,Cu)Sb_7S_{24}$; $T_{обр.} < 300$ °C), единичные зерна (1-4 мкм) гессита (Ag_2Te), сфалерит (до 1.70 % Cd), галенит, халькопирит и Au.

Кварцево-жильный 2-ой тип руд содержит пирит, сульфоарсениды ряда глаукодот-аллоклазит-кобальтин (Co,Fe,Ni)AsS, герсдорфит (Fe,Ni)AsS, ульманнит NiSbS, пирротин, пентландит, халькопирит, сфалерит, галенит, Ag-Pb-Bi-S фазы, такие как Ag-Bi-содержащий галенит, кобеллит $Pb_6(Fe,Cu)Bi_4Sb_2S_{16}$, Bi, Sb-содержащий Bi, Bi-Sb фазы, матильдит $AgBiS_2$, Ag-тетраэдрит, реже единичные зерна акантита, Ag, гессита (табл. 1-5). Au входит в состав тонкодисперсных электрума и кюстелита. Первыми среди главных рудных минералов выделяются пирит, арсенопирит и другие сульфоарсениды, затем антимониды (табл. 1).

Таблица 1. Арсенопирит Северо-Гирвасского рудопроявления.

Компонент	1	2	3	4	5	6	7	8
S, мас. %	24.4	24.02	23.71	23.30	23.63	23.29	22.58	22.98
Fe	32.72	32.56	33.27	32.77	32.49	34	33.64	32.69
As	42.88	43.42	43.02	43.94	43.88	42.71	43.78	44.32
сумма	100	100	100	100	100	100	100	99.99
As ат. %	29.82	30.32	30.07	30.87	30.75	29.92	30.90	31.24
T обр.°C	300	315	305	350	350	300	350	350
Обр.	лКой13	лКой13	лКой13	лКой13	лКой13	кКой8в	кКой8в	кКой8а
Уч.	1-2	1-5	20-3	24-1	25-1	2-4	15-1	5-4

Арсенопирит (As = 29.8-30.9 ат. %) встречается в парагенезисе с пиритом. Его температура образования $T_{ср.}$ = 330 °C (по геотермометру Скотта). Она близка к температуре образования по Fe-Mg-хлориту из

зальбандов жил. Более высокая температура характерна для кварцевых жил, низкая − для прожилковых рудных срастаний. Пирит образует хорошо ограненные кристаллы, иногда содержит существенные примеси As 9.4-10.3 %, Ni и Co. Сульфоарсениды Fe-Ni-Co (ряд аллоклазит-глаукодот-кобальтин) выделяются в форме мелких хорошо ограненных ромбических и призматических иногда зональных зерен (табл. 1, 2).

Таблица 2. Co-Ni-сульфоарсениды ряда аллоклазит-глаукодот-кобальтин-герсдорфит.

Элемент	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
S	23.34	22.50	21.13	26.11	22.41	22.75	23.58	23.49	24.56	22.98	22.98
Fe	3.87	5.13	3.86	5.33	3.44	2.08	5.68	3.05			
Co	27.80	28.96	31.50	26.08	28.68	31.70	24.41	27.25	31.85	31.23	31.23
Ni								1.76			
As	45.19	43.41	43.49	42.49	45.47	43.46	46.33	44.46	43.59	45.79	45.79
Сумма	100	100	100	100.01	100	99.99	100	100	100	99.99	100
Обр.	Кой-1	Кой-1	Кой-1	Кой-1	Кой-1	Койк	ЛКойк	ЛКойк	Койк	Койк	Койк
Уч.	9-1	11-4	11-9	19-1	35-4	4-1	31-4	31-3	14-1	27-1	5-1

Продолжение таблицы 2.

Элемент	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
S	21.94	23.21	22.50	23.21	21.85	21.26	21.47	20.48	21.81	49.62	48.62	56.76
Fe	1.76		0.79	4.08	4.14	3.86	1.67	9.40	7.30	37.21	34.01	42.05
Co	25.50	25.11	25.55	27.66	26.38	27.87	8.12	7.20	6.16		3.93	1.19
Ni	6.48	8.38	7.29	4.39	4.08	2.,78	17.06	19.86	19.9	3.76	3.08	
As	42.87	43.40	40.62	40.65	43.54	43.87	45.68	43.06	45.54	9.40	10.35	
Sb	1.46		3.24									
Сумма	100	100.1	99.99	100	100	100	100	100	100	100	99.99	100
Обр.	Койк	Койк	Койк	Койк	ЛКойк	лКойк4	ЛКойк	кКой-1	лКойк14	кКой-1	лКойк	лКойк
Уч.	15-2	5-1	20-2	15-1	31-2	6-1	31-5	16-1		16-4	31-3	31-4

Примечание. 1-8 глаукодот (Co,Fe)AsS; 9-11 – аллоклазит CoAsS; 12-17 – кобальтин (Co,Ni,Fe)AsS; 18-20 – герсдорфит (Ni,Co,Fe)AsS. Зональный кристаллы пирита в срастании с герсдорфитом: 21-23 – Ni, Co, As-пирит.

Таблица 3. Co-Ni-сульфоантимониды.

Элемент	1	2	3	4	5	6
S	16.90	16.0	14.93	16.31	15.03	16.06
Fe	1.74	2.38				
Ni	24.30	25.80	27.06	25.22	25.25	25.56
As	4.05	5.82				
Sb	53.01	50.19	58.01	58.48	59.72	58.39
Bi						
Сумма	100	100	100	100	100	100.01
Обр.	Кой-1	Кой-1	Кой-1	Кой-1	Кой-1	кКой-8/5
Уч.	16-2	16-3	17-1	18-1	18-2	20-1

Продолжение таблицы 3.

Элемент	7	8	9	10	11	12	13
S	16.54	16.26	17.90	25.93	27.14	28.14	24.91
Fe				2.70	2.10	2.72	2.30
Ni	26.11	25.56	24.41	47.91	47.81	41.39	43.79
As							
Sb	57.35	58.18	57.68	23.47	22.95	8.64	11.36
Bi						19.12	17.44
Сумма	100	100	99.99	100.01	100	100.01	99.80
Обр.	кКой-8/5	лКойк	лКойк	лКойк	лКойк	лКойк	лКойк
Уч.	22-1	38-1	29-1	24-1	25-1	25-2	25-3

Примечание. 1-9 – ульманнит NiSbS, 10-11 – тучекит, 12-13 – гаухекорнит.

В ассоциации с зональными сульфоарсенидами, сульфидами полиметаллов, пиритом, пирротином и пентландитом образуются сульфоантимониды (ульманнит) и более редкие Ni-Bi-Sb-S-фазы (тучекит $Ni_9Sb_2S_8$ и гаухекорнит Ni_9BiSbS_8) (табл. 3). Тучекит был обнаружен в срастании с гаухекорнитом и галенитом, размер его зерен около 13×22 мкм. Пирротин во вкрапленной минерализации выделяется после арсенидов и пирита в мелких порах и микротрещинках в небольшом количестве (1-2 %). Пентландит встречается

вместе с глаукодотом, халькопиритом, герсдорфитом, галенитом, кюстелитом, по пентландиту развивается виоларит (табл. 4). Сульфиды Ni в небольшом количестве содержат Co. Сульфиды полиметаллов выделяются после пирротина. Халькопирит и сфалерит – широко распространенные минералы жил (~10 % от всех рудных). Сфалерит в ассоциации с арсенидами содержит до 1.2-2.8 % Fe (иногда Cd до ~1.7 %), в срастании с пиритом − до 4.67-8.3. Галенит встречается в дефектах и трещинках крупных кристаллов пирита, арсенопирита и самостоятельно, после сфалерита, сечет сульфоарсениды и находится в срастании с самородным Bi, иногда образует мелкие зерна (размером 1-6 мкм), часто в срастании с кобеллитом (Pb-Bi-Sb-S-фазой), аргентотетраэдритом, Ag-Sb-содержащим Bi (табл. 5). Галенит содержит примеси Ag (до 2.4-5.3 %) и Bi (до 8.5 %). Содержание Sb в Bi до 20 %, образование такой фазы происходит при T < 200 °C. В срастании с Pb-Bi-Sb-S фазами выделяется более редкий матильдит $AgBiS_2$. Акантит Ag_2S и Ag-Se-содержащий галенит (Se до 1.8 %) встречены в срастании с кюстелитом.

Таблица 4. Сульфиды Ni, Co и Cu.

Элемент	1	2	3	4	5	7	6	8
S	36.95	45.29	36.69	37.25	40.78	36.07	30.98	43.77
Fe	25.75	30.10	30.63	29.28	27.91	28.67	29.77	24.26
Ni	37.3	24.61	32.68	33.47	31.30	35.26	40.26	27.10
Co								4.87
Cu								
Сумма	100	99.99	100	100	99.99	100	100,01	100
Обр	Кой-1	Кой-1	Койк	кКойк	кКойк	Кой-8/5	Кой-8/5	Lkoik
Уч.	16-6	16-7	14-3	15-3	12-3	20-4	20-6	3-1

Продолжение таблицы 4.

Элемент	9	10	11	12	13	14	15
S	36.92	36.81	43.84	45.46	54.22	38.68	28.71
Fe	26.63	30.81	25.04	13.51	38.63	30.33	1.83
Ni	31.89	32.39	31.11	31.03			
Co	2.02			10.0	7.16		
Cu	2.54					30.99	69.46
Сумма	100	100	100	99.99	100.01	100	100
Обр	кКойк	ЛавКойк	ЛавКойк-2	кКойк	кКойк	кКой-1а	кКой-1а
Уч.	15-8	6-1	2-3	12-5	19-1	13-1	18-2

Примечание. 1-9 – пентландит, 10-11 – виоларит, 12 – Co-пентландит, 13 – Co-пирит, 14 – халькопирит, 15 – ярровит (ковеллин).

Таблица 5. Состав Ag-Bi-Pb-Sb-S соединений и Ag-Cu-сульфосолей, масс. %.

Элемент	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
S	14.93	14.75	17.23	17.49	20.76	21.91	27.96	19.27	17.54	16.54	30.05	28.30
Fe						5.99	6.70				16.22	17.43
Cu						13.56	12.05				27.80	23.13
Ag	5.28		2.83	2.08	1.88	32.51	29.14	80.73	28.12	26.74	25.93	31.14
Pb	73.01	76.8	42.71	42.74	74.49					8.07		
Bi	6.78	8.47	26.98	27.97					54.35	48.65		
Sb			9.10	8.84		26.02	23.62					
Se					2.87							
Сумма	100	100	98.85	99.12	100	99.99	99.47	100	100.01	100	100	100
Обр.	Koik 12a	Koik 12a	Koik 12a	Koik 12a	кКой	кКой 8a	кКой 8a	кКой	Koik 12a	Koik 12	Lkoik	Lkoik

Примечание. 1-2 – Bi-Ag-содержащий галенит, 3-4 – кобеллит $Pb_6(Fe,Cu)Bi_4Sb_2S_{16}$ (в ан. 3 – Cu 1.15 %), 5 – Ag-Se-содержащий галенит в ассоциации с кюстелитом, 6-7 – аргентотетраэдрит, 8 – акантит Ag_2S, 9-10 – матильдит $AgBiS_2$, 11-12 - (Ag,Fe,Cu)S-фаза.

Au выделяется в микротрещинках в пирите, оно высокосеребряное, входит в состав электрума (Ag ~20-43.5 %) и кюстелита (Ag 69.53 %) (рис. 1, табл. 6). Кюстелит установлен в ассоциации с пентландитом, халькопиритом, галенитом, акантитом. Форма выделения Au неправильная, пленочная и тонкодисперсная, размер от 1×3 до 3×40 мкм.

Самородный Bi, Bi-содержащий галенит, кобеллит и матильдит ($AgBiS_2$), Bi с примесью Sb (2.86-10 %) и редкий Bi-Sb-интерметаллид (антимонид Bi), содержащий около 20 % Sb (табл. 6), образуются на стадии привноса Bi, Ag и Sb и низкотемпературной гидротермальной стадии процесса. Матильдит устойчив ниже T = 195 °C, акантит при T < 145-105 °C. В прожилках встречен самородный Cd.

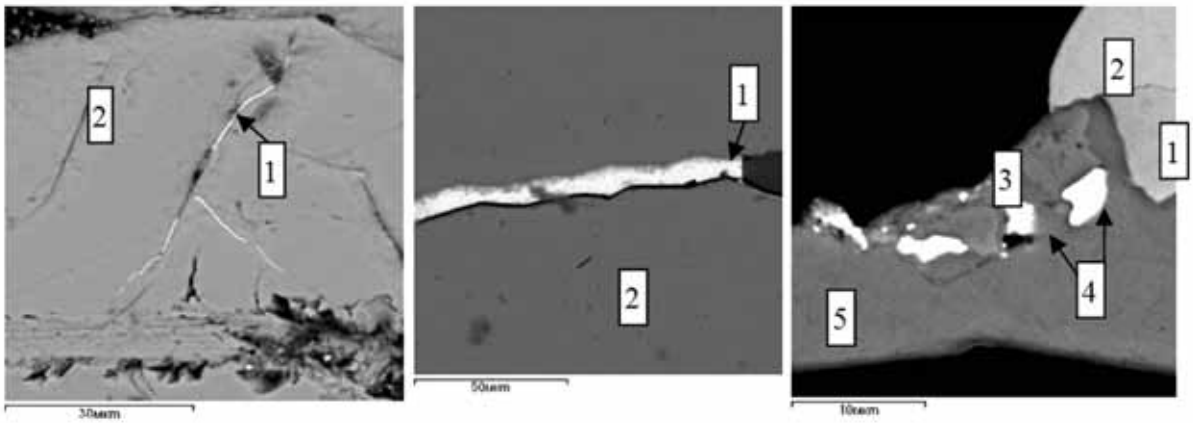
Таблица 6. Состав Au (электрум, кюстелит), Bi и антимонида Bi, масс. %.

Элемент	1	2	3	4	5	6	7	8
Ag	37.63	39.86	36.45	37.34	37	38.94	30.97	26.49
Au	62.37	60.14	63.55	62.66	63.0	60.13	69.03	73.51
Bi								
Sb								
Сумма	100	100	100	100	100	99.07	100	100
Обр.	кКой-1	кКой-1	кКой-1	лКойк	лКойк	лКойк	LKoik	лКойк-2

Продолжение таблицы 6.

Элемент	9	10	11	12	13	14
Ag	17.93	69.53		3.04		
Au	82.07	30.47				
Bi			93.79	87.49	79.58	80.62
Sb			6.21	9.46	20.42	19.38
Сумма	100	100	100	99.99	100	100
Обр.	лКойк-2	кКой	лКойк-12а	лКойк-12а	лКойк-12а	лКойк-12а

Примечание. 1-10 – электрум (ан. 6 – Te 0.93 %)? 10 – кюстелит? 11-12 – Ag-Sb-содержащий Bi, 13-14 – антимонид висмута Bi_7Sb_3.



1. «Пленочное» Au (1) в пирите (2).

2. Au (1) в пирите (2).

3. Срастание: 1 – глаукодот, 2 – аллоклазит, 3 – пентландит, 4 – кюстелит, 5 – халькопирит.

Рис. 1. Минеральные ассоциация Au-S-Sb-As Сев.-Гирвасского проявления.

Поскольку кварцевые, карбонат-кварцевые жилы и оруденение встречаются только в архейских сланцах и не выходят в протерозойские толщи, все процессы метаморфогенно-метасоматических и наложенных гидротермальных преобразований в зоне рассланцевания (шир-зоне) происходили в архее. Источник вещества для рудопроявления Северо-Гирвасского был комплексный: он включал элементы, высвобождаемые при метаморфизме колчеданных руд (S, Fe), коматиитов (Ni, Co) и измененных кислых туфов. Дополнительный привнос Pb, Zn, Bi, Ag, Au, As, Sb происходил за счет корового источника, вероятно, под влиянием гранитов. Температура образования рудной минерализации была 330-200 °C (при окислении снижается до 140-105°C). Судя по высокому содержанию Ag в Au, последнее образовалось при низких температурах. На рудопроявлении обнаружены новые для Карелии минералы: тучекит $Ni_9Sb_2S_8$, гаухекорнит Ni_9BiSbS_8, самородный Cd, антимонид Bi, Sb-содержащий Bi и некоторые сульфосоли.

ЭВОЛЮЦИЯ СОСТАВА БРИТОЛИТА-(Y) В ПОСТМАГМАТИЧЕСКОМ ПРОЦЕССЕ НА ПРИМЕРЕ СИЛЕКСИТОВ ЩЕЛОЧНЫХ ГРАНИТОВ КОЛЬСКОГО П-ОВА

Лялина Л.М.[1], Зозуля Д.Р.[1], Савченко Е.Э.[1], Тарасов М.[2], Селиванова Е.А.[1], Тарасова Е.[2]

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

[2] Институт минералогии и кристаллографии БАН, София, Болгария

Геохимические особенности щелочногранитных магм связаны с высокими, превышающими кларковые для гранитов, уровнями накопления Zr, REE, Y, Nb, Ta, Sn, Be, Li, Ga, Pb, Zn, Th, U. Главными концентраторами большинства редких элементов в породах являются темноцветные минералы, выделяющиеся на поздних этапах кристаллизации, а также акцессории. В ходе комплексного изучения редкометальных проявлений [1, 2], связанных со щелочными гранитами, установлено три генетических типа рудообразований: 1) автометасоматиты (минерализованные граниты), 2) метасоматиты (альбититы, микроклиниты, апобазитовые метасоматиты), 3) пегматиты, силекситы и гидротермальные жилы. В этой статье представляются результаты изучения бритолита-(Y) из силекситов щелочных гранитов. Исследование бритолита и продуктов его изменения имеет практическое значение, так как минерал рассматривается как природный аналог матрицы для изоляции актинидов при захоронении радиоактивных отходов.

В изученных образцах силекситов установлены следующие формы выделения бритолита-(Y): 1) ксеноморфные зерна и гипидиморфные кристаллы, 2) зерна и агрегаты в срастаниях с иттриалитом-(Y), 3) пойкилитовые кристаллы. По имеющимся наблюдениям можно предполагать, что указанные морфологические типы бритолита являются разновозрастными. При этом бритолит в ассоциации с иттриалитом и пойкилитовые кристаллы являются поздними по отношению к первому типу. На длительность кристаллизации бритолита и образование нескольких популяций или генераций минерала указывают и включения «бритолит в бритолите». Ниже приводится характеристика наиболее распространенной формы выделения минерала.

Этот морфологический тип бритолита представлен ксеноморфными (редко – гипидиоморфными кристаллами) зернами размером от долей мм до 2-3 см. Индивиды бритолита располагаются как среди темноцветных минералов, так и в кварце (рис. 1).

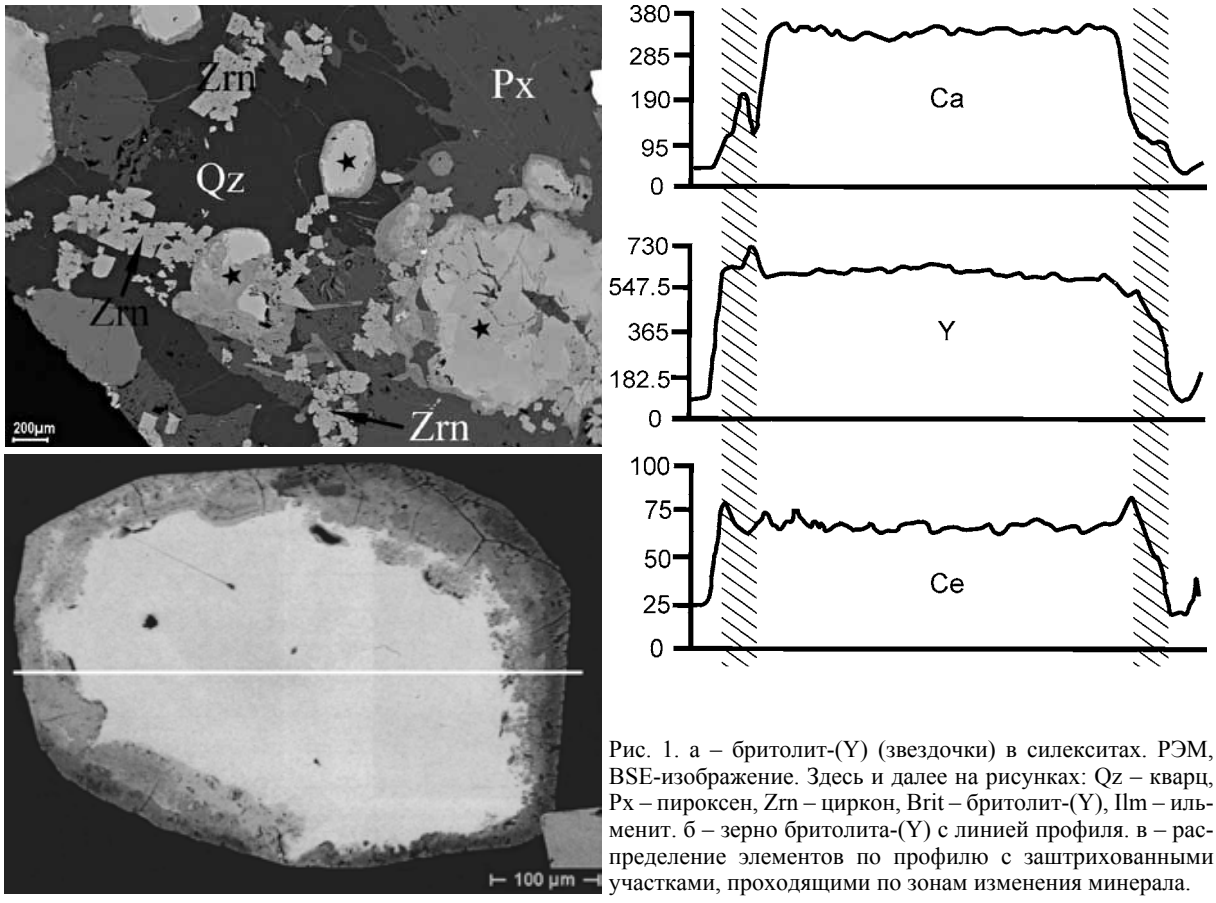


Рис. 1. а – бритолит-(Y) (звездочки) в силекситах. РЭМ, BSE-изображение. Здесь и далее на рисунках: Qz – кварц, Px – пироксен, Zrn – циркон, Brit – бритолит-(Y), Ilm – ильменит. б – зерно бритолита-(Y) с линией профиля. в – распределение элементов по профилю с заштрихованными участками, проходящими по зонам изменения минерала.

Их поверхность часто покрыта рыхлыми, порошковатыми продуктами изменения различных оттенков желтого, коричневого или кремового цветов. Наличие кайм можно считать характерным признаком этого морфологического типа бритолита. В некоторых случаях широкие порошковатые каймы светлого цвета окружены тонкими «рубашками» прозрачного вещества красновато-коричневого цвета. Рентгеноструктурными исследованиями установлено, что порошковатые каймы дают слабые «апатитовые» линии на рентгенограммах, а «рубашка» аналогично центральным участкам индивидов полностью метамиктна, восстанавливает структуру только после нагревания вещества. В порошковатых каймах диагностированы включения бастнезита, кайсикхита [1] и монацита (рис. 2). Подобные зерна бритолита-(Y), особенно крупных размеров, содержат вростки ильменита, кварца, флюорита, эгирина, арфведсонита, лепидомелана, циркона, а также полифазные включения, в которых также диагностирован бритолит-(Y).

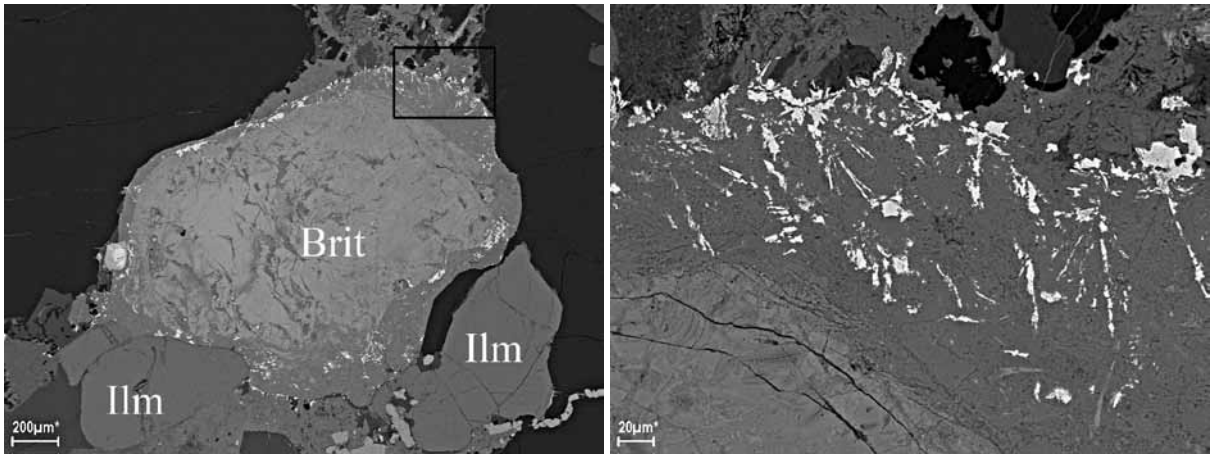


Рис. 2. а – ксеноморфное зерно бритолита-(Y). б – увеличенное изображение каймы изменения (показано рамкой на рис. а), содержащей выделения монацита (светло-серое, белое). РЭМ, BSE-изображение.

Кроме описанной фазовой неоднородности (каймы изменения, включения) в бритолите выявлена внутрифазовая неоднородность. Она представляет собой участки неправильной формы, различающие по содержанию видообразующих и примесных элементов. В большинстве случаев эти участки образуют ряд от центра к краю индивида – более темные в обратно-рассеянных электронах, т.е. более «легкие», с более низким средним атомным номером фазы, сменяются более светлыми (рис. 3, а). Реже участки различного состава распределяются незакономерно (рис. 3, б). Появление пятнистой зональности может быть связано с несколькими процессами: 1) подвижность элементов и перекристаллизация вещества при метамиктизации, 2) растворение одной или нескольких фаз при остывании, 3) перекристаллизация под действием флюидов. Авторы предполагают, что темные в BSE зоны в центральных частях индивидов являются ранними или менее измененными, в то время как светлые (краевые) – поздние или более измененные.

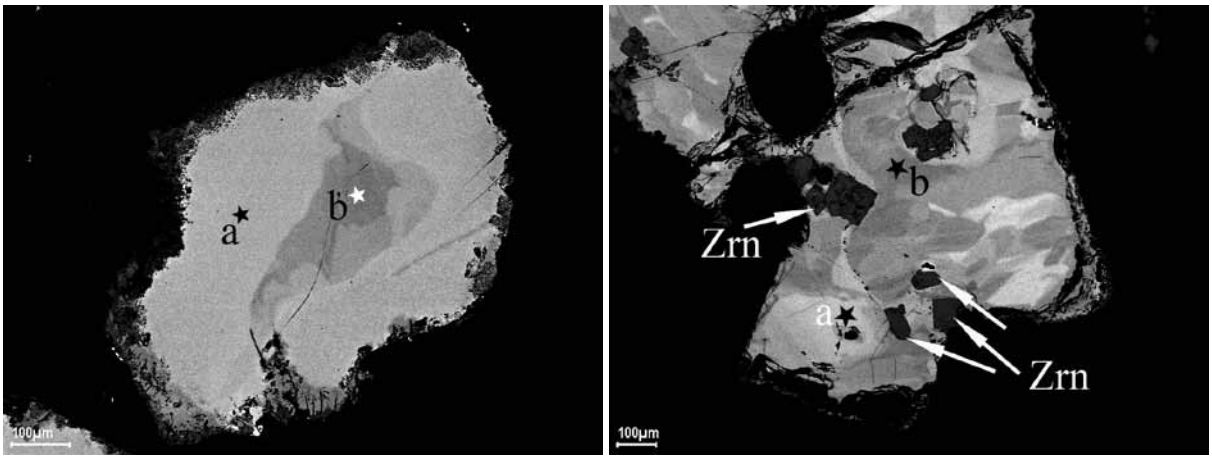


Рис. 3. Внутрифазовая и фазовая неоднородности бритолита-(Y). РЭМ, BSE-изображение. Звездочками показаны точки микрозондовых анализов.

Химический состав бритолита-(Y) исследован на микрозондовом анализаторе Cameca MS-46. По содержанию Y, REE, P и Ca минерал из силекситов щелочногранитной формации Кольского п-ова не выделяется среди известных [3, 5, 6, 7 и др.]. Для него характерно высокое содержание Y (1.76-2.17 ф.к.), преобладание HREE над LREE (La/Yb_n = 0.30-0.48). Отмечается повышенное количество Mn (0.16-0.18 ф.к.), пониженное P (0.16-0.53 ф.к.) и Ca (1.70-2.10), что может быть связано с геохимическими особенностями материнской щелочногранитной магмы и с избирательным накоплением в поздне- и постмагматических продуктах сидерофильных элементов (Fe, Mn). Для пар анализов (a и b), выполненных в разных зонах неоднородных индивидов минерала, выявляется изоморфизм по схеме $Ca^{2+}P^{5+} \leftrightarrow (Y^{3+} + REE^{3+})Si^{4+}$. Для внешних зон кристаллов характерно уменьшение содержаний P, Ca и увеличение Fe, Y и редкоземельных элементов (особенно HREE) (рис. 4). Это может быть связано с 1) последовательным снижением температуры, приводящим к ограничению изоморфизма и 2) распределением элементов между кристаллом и минералообразующей средой. Первый процесс подтверждается слабым вхождением P в краевые, более низкотемпературные зоны индивидов минерала (рис. 4). Процессы распределения элементов между твердой фазой и остаточным раствором являются ответственными за увеличение в поздних бритолитах таких несовместимых элементов как Y и REE. При этом анализ распределения редкоземельных элементов между ранним и поздним бритолитом показал, что поздние избирательно накапливают именно HREE (рис. 4). Данный процесс возможен, если последовательная кристаллизация происходит в гидротермальных условиях с высоким содержанием в растворе F и щелочей, при которой Y редкоземельные элементы сохраняются в растворе в виде щелочно-фторидных комплексов [4]. Механизм образования и химический состав силекситов щелочных гранитов Кольского п-ова соответствуют этим условиям.

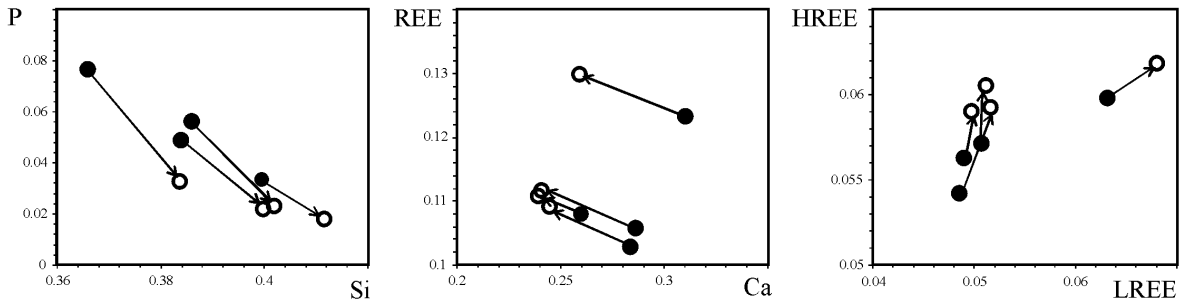


Рис. 4. Парные корреляционные диаграммы содержания указанных элементов (ат. кол-ва) в бритолите-(Y). Стрелки соединяют данные в пределах одного индивида: залитый знак – темная в BSE зона, незалитый знак – светлая в BSE зона.

Внешние порошковатые корки бритолита-(Y) являются продуктами гипергенного изменения. В них резко уменьшается содержание Ca, Ce, Y (рис. 1 в). Появление редких острых пиков Y и Ce следует связывать с присутствием в корках бастнезита, кайсикхита и монацита.

Работа выполнена по проекту международного сотрудничества Российской АН и Болгарской АН.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бельков И.В., Батиева И.Д., Виноградова Г.В. и др. Минерализация и флюидный режим контактных зон интрузий щелочных гранитов. Апатиты: Изд-во КФ АН СССР, 1988. 110 с.
2. Виноградов А.Н., Зозуля Д.Р. Минеральные типы редкометалльного оруденения, связанного со щелочными гранитами Кольского п-ова // Стратегия использования и развития минерально-сырьевой базы редких металлов в XXI веке. Тез. докл. межд. симп. Москва, 5-9 окт. 1998 г. М.: Изд-во ВИМС, 1998. С. 176-177.
3. Коляго Е.К., Лапин А.В. Бритолит из метасоматитов Кийского щелочного массива, Енисейский кряж // Зап. ВМО. 1990. № 1. С. 107-110.
4. Минеев Д.А. Геохимия апогранитов и редкометальных метасоматитов СЗ Тарбагатая. М.: Наука, 1968. 183 с.
5. Arden K.M., Halden N.M. Crystallization and alteration history of britholite in rare-earth-element-enriched pegmatitic segregations associated with the Eden Lake complex, Manitoba, Canada // Canad. Miner. 1999. V 37. N 5. P 1239-1253.
6. Griffin W.L., Nilssen B., Jensen B.B. Britholite-(Y) and its alteration: Reiarsdal, Vest-Agder, south Norway // Norsk Geol. Tidsskrift. 1979. V 58. P 265-271.
7. Uher P., Ondrejka M. Brytholite-(Y): a late-magmatic, Y-REE-bearing accessory mineral from A-type granite in Stupne near Povazska Bystrica, Pieniny Klippen Belt, north-western Slovakia // Bull. Mineral. Petrol. Odd. Nar. Muz. Praha. 2008. V 16. N 2. P 224-229.

ФОРМЫ НАХОЖДЕНИЯ Au В ГИДРОТЕРМАЛЬНЫХ РАСТВОРАХ МЕСТОРОЖДЕНИЯ СУХОЙ ЛОГ

Матель Н.Л.

Иркутский институт геохимии СО РАН, matel@igc.irk.ru

Проведено термодинамическое моделирование равновесной растворимости Au в форме различных комплексов для природных составов гидротермальных рудообразующих растворов при формировании высокотемпературной золоторудной ассоциации Au-сульфидного месторождения Сухой Лог, Ленский р-н, методом минимизации свободной энергии системы с использованием программного комплекса «GIBBS». Исходные параметры выбраны на основании исследования флюидных включений в минералах месторождения. Для моделирования выбран наиболее важный этап рудообразования – высокотемпературная стадия, включающая сидерит-кварц-Ni, Co, Cu, Fe, Zn-сульфидную, Ni, Co-арсенид-сульфоарсенидную с теллуридами и теллуровисмутидами Au, Ag, Pd, Pb ассоциацию [1, 2].

По данным исследований флюидных включений в кварце и кальците рудных жил установлен диапазон изменения физико-химических параметров: T 380-285 °C, P 2500-1150 бар, концентрация NaCl 1.2 моль/кг H_2O, CO_2 7.0 моль/кг H_2O, CH_4 0.8 моль/кг H_2O, H_2S 10^{-2} моль/кг H_2O, N_2 0.1 моль/кг H_2O. В составе растворенных солей преобладают хлориды Na, Mg и K. Широкие вариации CO_2/CH_4 в растворе включений и уменьшение отношения с падением P подтверждает, что рудоотложение происходило при взаимодействии высокотемпературных, богатых CO_2 гидротермальных флюидов с органическим веществом рудовмещающих толщ и изменении окислительно-восстановительных условий [2].

В результате моделирования высокотемпературной минеральной ассоциации выявлены особенности растворения Au в гидротермальных растворах с участием различных металлов. Установлено ранее, что Zn, Pb в системе влияют на уменьшение растворимости Au с преобладанием гидросульфидных 6.79 моль/кг H_2O $AuHS^0$ и 7.76 моль/кг H_2O $Au(HS)_2^-$ комплексов [3]. Присутствие в системе Co ведет к преобладанию Au в гидроксильных $Au(OH)_2^-$ 9.92 моль/кг H_2O и гидросульфидных $Au(HS)_2^-$ 7.71 моль/кг H_2O комплексах, снижению в хлоридных $AuCl_2^-$ 8.32 (значения в виде –lg моль/кг H_2O) [4]. Выявлены особенности растворения Au в растворах с участием Co и Ni. Наблюдается преобладание Au в гидроксильных $Au(OH)_2^-$ 9.91 моль/кг H_2O и гидросульфидных $Au(HS)_2^-$ 7.70 моль/кг H_2O комплексах. Совместное участие в растворе Co и Ni увеличивает растворимость Au в гидросульфидных формах, что приводит к отложению Au с сульфидами [4].

При совместном присутствии в системе Au, Ag, Zn, Pb, Ni, Co наблюдается смещение равновесия в сторону общего увеличения растворимости Au с преобладанием гидроксильных $Au(OH)_2^-$ 9.84 моль/кг

Таблица. Влияние H_2S на систему Au, Ag, Zn, Pb, Ni, Co в гидротермальных растворах высокотемпературной золоторудной стадии месторождения Сухой Лог.

Комплексы	T, ^{0}C								
	380								
	P, бар								
	2500								
	Концентрация H_2S, моль/кг H_2O								
	$1\cdot10^{-1}$	$1\cdot10^{-2}$	$1\cdot10^{-3}$	$1\cdot10^{-1}$	$1\cdot10^{-2}$	$1\cdot10^{-3}$	$1\cdot10^{-1}$	$1\cdot10^{-2}$	$1\cdot10^{-3}$
Au^+	-13.68	-14.01	-14.01	-13.93	-14.08	-14.08	-14.86	-15.15	-15.26
$AuOH^0$	-8.35	-8.35	-8.35	-8.35	-8.35	-8.35	-9.27	-9.26	-9.26
$Au(OH)_2^-$	-10.32	-9.98	-9.98	-10.07	-9.91	-9.91	-11.27	-10.99	-10.87
$AuHS^0$	-5.68	-6.79	-6.79	-5.68	-6.79	-6.79	***-5.81***	-7.36	-7.36
$Au(HS)_2^-$	-5.89	-7.77	-7.77	-5.64	-7.70	-7.70	***-5.53***	-8.34	-8.22
$Au_2(HS)_2S^{2-}$	-10.34	-13.00	-13.00	-9.85	-12.86	-12.86	-9.66	-13.73	-13.49
$AuCl_2^-$	-7.92	-8.26	-8.26	-8.17	-8.33	-8.33	-8.83	-9.12	-9.24
Au^{3+}	-47.19	-48.19	-48.19	-47.94	-48.40	-48.40	-49.64	-50.50	-50.86
$AuCl_4^-$	-26.96	-27.96	-27.96	-27.71	-28.17	-28.17	-29.01	-29.87	-30.23
S	-5.49	-6.74	-6.75	-5.38	-6.74	-6.74	-5.36	-7.32	-7.31
pH	4.302	4.635	4.635	4.549	4.704	4.705	4.344	4.632	4.750
Eh	-0.579	-0.622	-0.622	-0.611	-0.631	-0.631	-0.514	-0.549	-0.563
I	1.365	1.367	1.367	1.374	1.372	1.372	1.383	1.384	1.386
	Au			Au-Ag			Au-Ag-Zn-Co-Ni-Pb		

H_2O и гидросульфидных $Au(HS)_2^-$ 7.63 моль/кг H_2O, $Au_2(HS)_2S^{2-}$ 12.71 моль/кг H_2O комплексах [5]. Изменение концентрации N_2 от 10^{-2} до 10^{-3} моль/кг H_2O в системе в присутствии Au, Ag, Zn, Pb, Ni, Co приводит к увеличению концентрации Au в форме $Au(OH)_2^-$ 9.74 моль/кг H_2O, $Au(HS)_2^-$ 7.53 моль/кг H_2O с преобладанием $AuHS^0$ 6.79 моль/кг H_2O при общем снижении растворимости Au в гидротермальных растворах [6]. Интересно изменение растворимости Au в системе Au, Ag, Zn, Pb, Ni, Co с увеличением концентрации H_2S. Наблюдается наибольшее увеличение растворимости Au в форме $Au(HS)_2$- 5.53 моль/кг H_2O и $AuHS^0$ 5.81 моль/кг H_2O с максимальным значением H_2S и резким понижением концентрации всех комплексов в гидротермальных растворах при понижении H_2S в системе (табл.).

Таким образом, методом термодинамического моделирования выявлены основные факторы, влияющие на растворимость Au в гидротермальных растворах. Это физико-химические и окислительно-восстановительные условия, создающиеся многообразием химических реакций. Перечисленные факторы в разной степени влияют на поведение Au в реальных геохимических обстановках.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Дистлер В.В., Митрофанов Г.Л., Немеров В.К. и др. Формы нахождения металлов платиновой группы и их генезис в золоторудном месторождении Сухой Лог, Россия // Геология рудных месторождений. 1996. Т. 38. № 6. С. 467-484.
2. Лаверов Н.П., Прокофьев В.Ю., Дистлер В.В. и др. Новые данные об условиях рудоотложения и составе рудообразующих флюидов Au-Pt месторождения Сухой Лог // Докл. АН. 2000. Т. 371. № 1. С. 88-92.
3. Матель Н.Л. Оценка равновесной концентрации микроэлементов в растворе флюидных включений на примере Au // Матер. XIII межд. конф. по термобарогеохимии и IV симп. APIFIS. Т. 1. М.: ИГЕМ РАН, 2008. С. 38.
4. Матель Н.Л. Влияние различных металлов на растворимость Au в гидротермальных растворах золоторудного месторождения Сухой Лог, Ленский район // Поисковые геолого-геохимические модели рудных месторождений. Воронеж: ВГУ, 2009. С. 74-76.
5. Матель Н.Л. Влияние различных металлов на растворимость Au в гидротермальных растворах золоторудного месторождения Сухой Лог, Ленский район: физико-химическое моделирование // Геология, поиски и разведка полезных ископаемых и методы геологических исследований. Матер. всерос. науч.-тех. конф. Иркутск: Изд-во ИрГТУ, 2009. С. 128-130.
6. Матель Н.Л. Физико-химическое моделирование растворимости Au в гидротермальных растворах золоторудного месторождения Сухой Лог, Ленский район / Золото северного обрамления Пацифика. Тез. докл. всерос. горно-геол. конф. Магадан, 2011. С. 146-147.

МЕДНАЯ МИНЕРАЛИЗАЦИЯ В МЕТАЭФФУЗИВАХ ХР. СЕРПОВИДНОГО, ЗАП. КЕЙВЫ

Мудрук С.В.[1], Шалимов С.В.[2], Горбунов И.А.[2], Волошин А.В.[1], Савченко Е.Э.[1]

[1]Геологический институт КНЦ РАН, mudruksergey@mail.ru

[2]Апатитский филиал МГТУ, Апатиты

Проявления медной минерализации в метаэффузивах палеопротерозойского рифта Имандра-Варзуга выявлены ещё в середине 1930-х [8]. В метаэффузивах хр. Серповидного медная минерализация впервые установлена работами ЦКККГЭ под рук. Л.А. и В.Г. Гаскельбергов в 1978 г. [4]. Палеопротерозойская Серповидная структура в СЗ части Кейвского террейна представляет собой опрокинутую антиклиналь колчановидной формы с сильно пережатым южным крылом [6]. В её строении участвуют толщи: гнейсо-сланцевая, метаэффузивов и карбонатных пород – которые коррелируются с породами умбинской свиты палеорифта Имандра-Варзуга [1, 4]. Из-за плохой обнаженности считалось, что южное крыло структуры срезано продольным надвигом, но последние работы показали, что оно не срезано, а сильно деформировано и пережато [6] (рис. 1). Северное крыло не несёт признаков значительных деформаций, тогда как в южном всех три толщи сильно рассланцованы и линеаризированы. Метаэффузивы в основном представлены метапорфиритами амфибол-плагиоклазового состава.

Для метапорфиритов северного крыла характерны порфиробластические эпидот-карбонатные агрегаты изометричной формы (миндалины), к которым и приурочена медная минерализация (рис. 2). На южном крыле эти породы изменены до амфиболитов и имеют тонкозернистую структуру с эпидот-

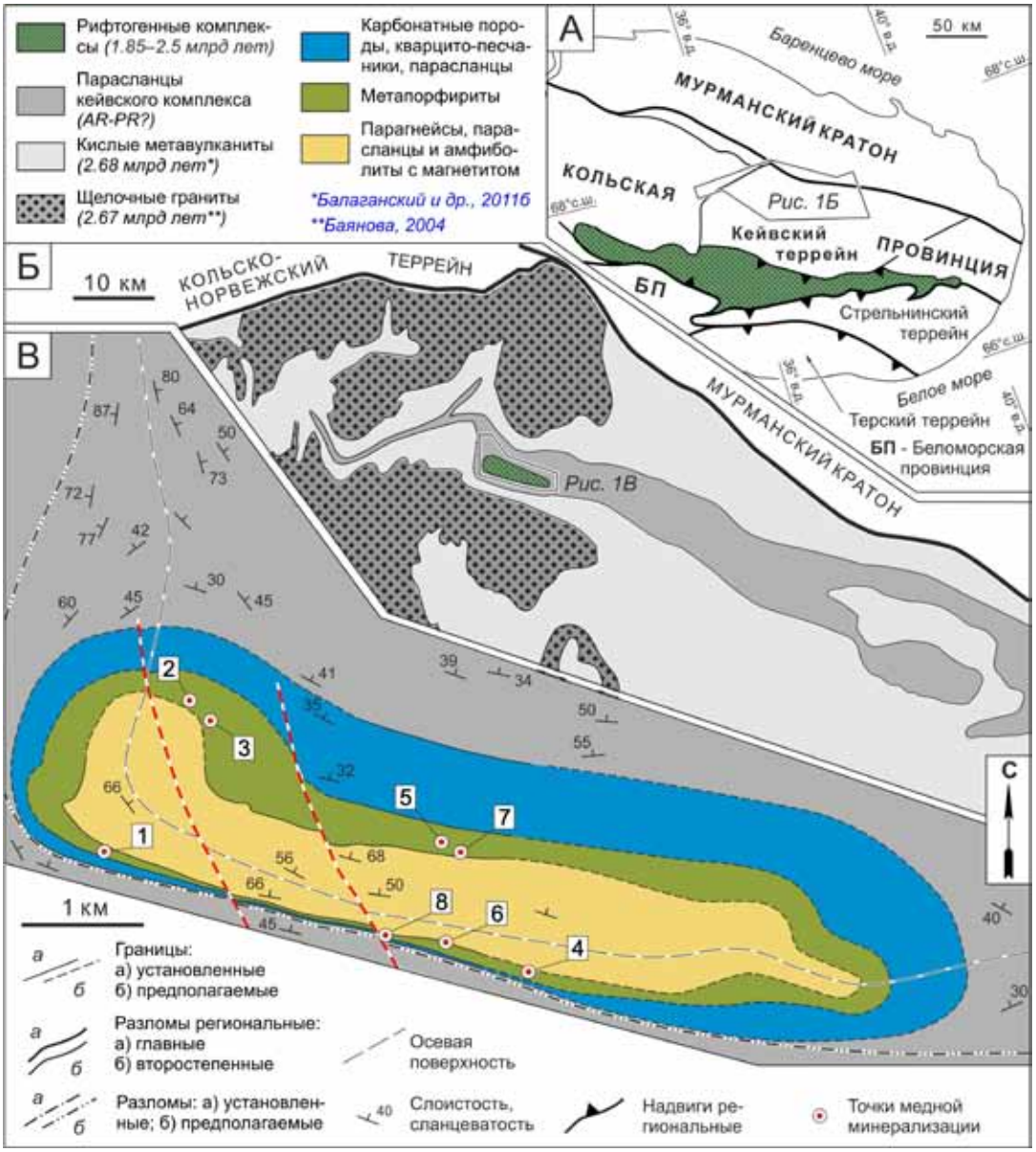


Рис. 1. А – схема тектонического районирования Кольского п-ова. Б – геологическая карта северной части Кейвского террейна. В – геологическая карта ядерной части Серповидной структуры. Точки 1–4 – Гаскельберг и др., 1978 (отчет). 5, 6 – по А.К. Шпаченко. 7, 8 – данные авторов.

Рис. 2. Медная минерализация в образце метаэффузива.

кальцитовыми прожилками, которые, по-нашему мнению, являются сильно уплощенными эпидот-карбонатными порфиробластическими агрегатами. В них также выявлена медная минерализация.

Цель этой работы – краткая минералогическая характеристика медной минерализации и ее сравнение с аналогичной минерализацией в палеопротерозойском рифте Имандра-Варзуга [9]. Материалом для исследования послужили коллекция, собранная в полевой экспедиции 2011 г. и аншлифы, предоставленные А.К. Шпаченко. Изучение рудных минералов в аншлифах проводилось на оптическом микроскопе Axioplan и сканирующем электронном микроскопе LEO-1450 с оценкой состава с помощью энергодисперсионной приставки Bruker XFlash-5010. Минерализация представлена

двумя типами: медно-сульфидным и медно-оксидным. Установлено 6 минералов меди (табл. 1). Химический состав приведен в таблице 2.

Таблица 1. Минералы в зонах медной минерализации в метапорфиритах Серповидной структуры.

Минерал		Исследование			
		Apl	Leo анал/e^-		MS-46
Элементы					
Медь	Cu	+	+	+	+
Серебро	Ag	+	+	+	
Оксиды					
Гематит	Fe_2O_3	+			
Магнетит	$FeFe_2O_4$	+			
Куприт	Cu_2O	+	+	+	
Сульфиды					
Ковеллин	CuS	+	+	+	
Халькозин	Cu_2S	+	+	+	
Борнит	Cu_5FeS_4	+	+	+	
Минеральная фаза	$(Cu,Ag)_3FeS_4$			+	+
Халькопирит	$CuFeS_2$	+	+	+	
Сульфаты					
Барит	$BaSO_4$			+	
Карбонаты					
Малахит	$CuCO_3•Cu(OH)_2$	+			

Примечание. Apl – поляризационный микроскоп Axioplan, Leo – сканирующий электронный микроскоп LEO-1450, MS46 – электронный микроскоп Cameca MS-46.

Таблица 2. Химический состав минералов, масс. %.

	Серебро	Медь	Фаза Cu_3FeS_4	Ковеллин	Халькозин	Борнит	Халькопирит
Cu	13.14	99.16	46.52	67.77	78.30	60.93	36.37
Ag	86.79		4.15	0.18			
Fe		0.01	14.24	0.22	0.36	13.75	31.42
S	0.08		32.77	31.83	21.34	25.32	32.21
Сумма	100.01	99.17	97.68	100	100	100	100
Формульные коэффициенты							
Cu	0.14	0.99	2.86	1.09	1.85	4.86	1.14
Ag	0.86		0.15				
Fe		0.01	0.94	0.01	0.1	1.25	1.12
S			4	1	1	4	2

Основные медно-сульфидные минералы: халькозин, борнит, ковеллин. Все они, как правило, встречаются в структурах распада и самостоятельных выделениях. Ковеллин – минерал с ярко выраженной спайностью, замещает борнит. Встречаются зерна различной формы размером 50-200 мкм. Халькозин представлен зернами от 100 мкм до 1 мм. Главным концентратором Ag на ранних стадиях формирования минерализации является фаза Cu_3FeS_4 (рис. 3 а). Борнит является более ранней фазой, но Ag не содержит.

Медно-оксидный тип минерализации представлен медью и купритом. Медь образует выделения различной формы размером от 100 мкм до 2 мм. Куприт обнаружен в виде самостоятельных выделений и кайм вокруг меди (рис. 3 б). Важная особенность куприта – нахождение в нем серебра размером 1-3 мкм (рис. 4). Минерал зоны окисления – малахит. Кроме минералов меди, в породе присутствуют магнетит, титанит, гематит и барит, который выделяется в самостоятельных зернах 2-4 мкм и с халькозином в структурах распада.

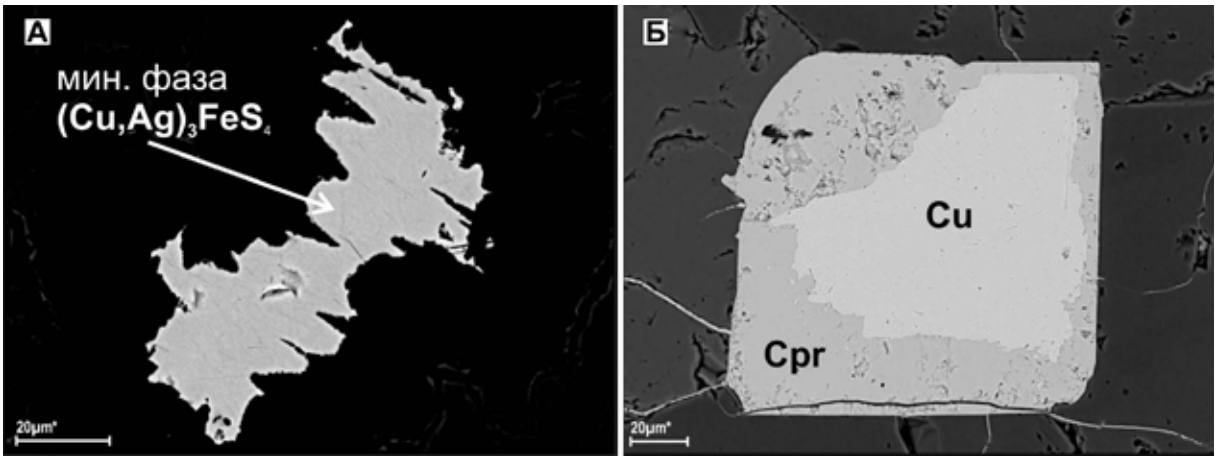


Рис. 3. А – минеральная фаза $(Cu,Ag)_3FeS_4$, Б – медь (Cu) с каймой куприта (Cpr).

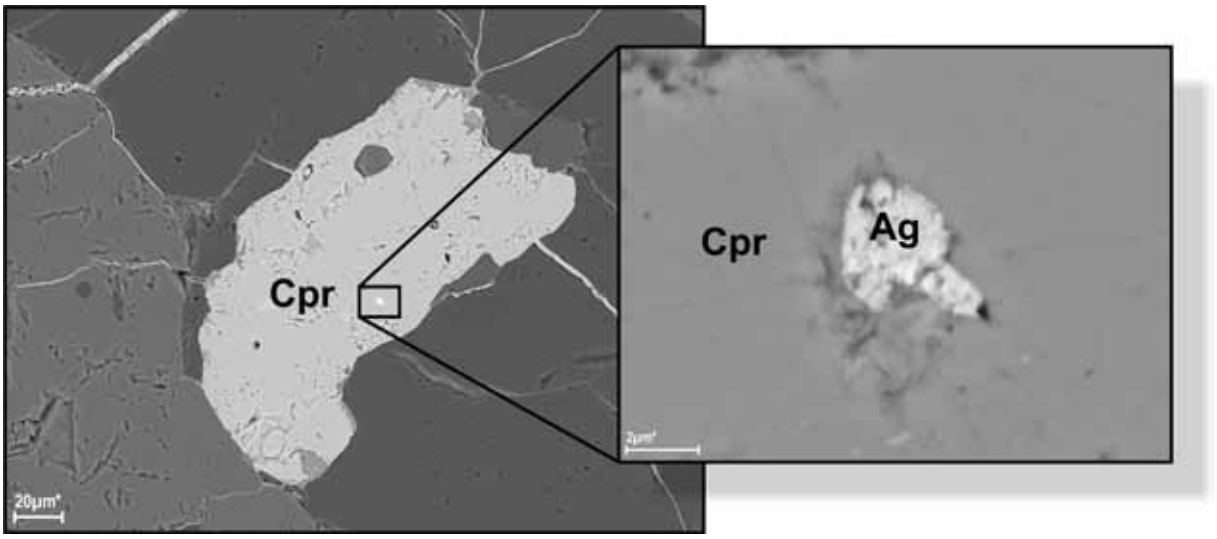


Рис. 4. Серебро (Ag) в куприте (Cpr).

Медная минерализация в метаэффузивах палеорифта Имандра-Варзуга связана с медно-оксидным и медно-сульфидным типами минерализации, которые вместе не встречаются [5, 7, 9]. Минеральная ассоциация медного проявления Серповидной структуры, как и в вулканитах палеорифта Имандра-Варзуга, относится к медно-сульфидному и медно-оксидному типам.

Авторы выражают благодарность А.К. Шпаченко за предоставленную коллекцию аншлифов вулканитов хр. Серповидного с медной минерализацией и консультации, а также В.В. Балаганскому за содействие в ходе полевых работ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Балаганский В.В., Раевский А.Б., Мудрук С.В. Нижний докембрий Кейвского террейна, СВ Балтийского щита: стратиграфический разрез или коллаж тектонических пластин? // Геотектоника. 2011. № 2. С. 32-48.
2. Балаганский В.В., Раевский А.Б., Жирова А.М. и др. Горизонтальная тектоника в раннем докембрии Кольского региона по геологическим, структурным и палеомагнитным данным. Окончательный отчет по теме НИР 4-2009-2601. Геологический ин-т КНЦ РАН. Апатиты, 2011. 64 с.
3. Баянова Т.Б. Возраст реперных геологических комплексов Кольского региона и длительность процессов магматизма. СПб.: Наука, 2004. 174 с.
4. Белолипецкий А.П., Гаскельберг В.Г., Гаскельберг Л.А. и др. Геология и геохимия метаморфических комплексов раннего докембрия Кольского п-ова. Л.: Наука, 1980. 238 с.
5. Борисов А.Е. Вулканизм и самородное медное оруденение в раннем протерозое Кольского п-ова. Апатиты: Изд-во КНЦ АН СССР, 1990. 65 с.

6. Горбунов И.А., Мудрук С.В., Балаганский В.В. Кинематика движений и величина деформации в палеопротерозойских метаморфических породах Серповидной структуры, Кейвский террейн, СВ Балтийского щита // Матер. XXII конф. памяти чл.-корр. К.О. Кратца. Апатиты, 8-10 нояб. 2011 г. Апатиты: Изд-во K & M, 2011. С. 52-55.
7. Карпов С.М., Волошин А.В., Савченко Е Э. и др. Минеральные фазы системы Cu-Fe-S в медноколчеданных рудопроявлениях Имандра-Варзугской зоны, Кольский п-ов // Тр. VIII Всерос. Ферсмановской научн. сессии. Апатиты, 18-19 апр. 2011 г . Апатиты: Изд-во КНЦ РАН, 2011. С. 84-91.
8. Соустов Н.И. Свита Имандра-Варзуга // Экспедиции АН СССР 1934 г. Л.: Изд-во АН СССР, 1935. С. 41-45.
9. Чернявский А.В., Волошин А.В., Борисова В.В. и др. Самородные Cu и Ag в эффузивах Имандра-Варзуги // Тр. VII Всерос. Ферсмановской научн. сессии. Апатиты, 2-5 мая 2010 г. Апатиты: Изд-во КНЦ РАН, 2010. С. 106-109.

ИССЛЕДОВАНИЕ ГРАННЫХ УГЛОВ НА КРИСТАЛЛАХ КИАНИТА ИЗ СЛАНЦЕВ КЕЙВ

Нерадовский Ю.Н., Войтеховский Ю.Л.

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

В статье изложены результаты гониометрического измерения углов между гранями кристаллов кианита методом прикладного гониометра на фотографиях. Изучено 94 кристалла трех генераций. Установлены главные простые формы и выявлены различия между кристаллами трёх генераций из кианитовых сланцев червуртской свиты. К первой отнесены овальные скопления кианита в виде конкреций среди мусковито-кварцевой основной массы (далее субстрата, рис. 1, 2). Конкреции кианита-1 участвовали в складчатом процессе, кристаллы часто деформированы. Это позволяет отнести образование кианита-1 к ранней стадии метаморфизма осадочных пород. Размеры конкреций 1-6 мм, кристаллов < 0.2 мм. Отдельные кристаллы кианита-1 редки (рис. 3). Формы изучены на 29 кристаллах.

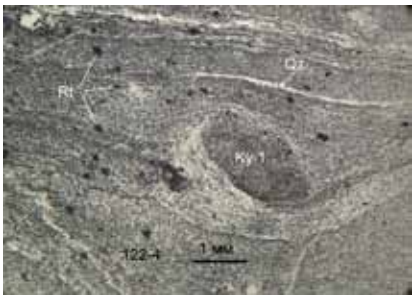


Рис. 1. Конкреция кианита-1. Шлиф.

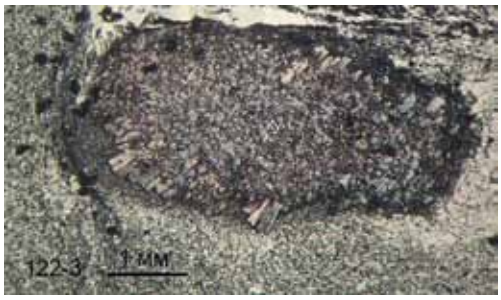


Рис. 2. Друза кианита-1. Шлиф.

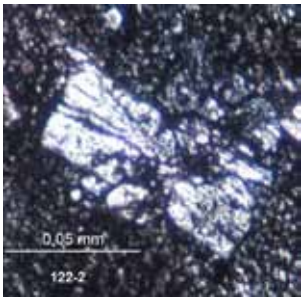


Рис. 3. Кристалл кианита-1, возможно, двойник. Шлиф.

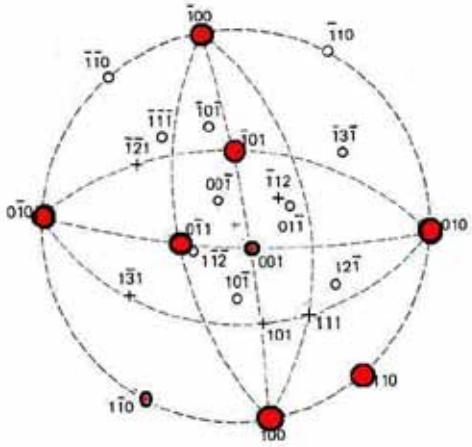


Рис. 4. Стереографическая проекция кианита-1.

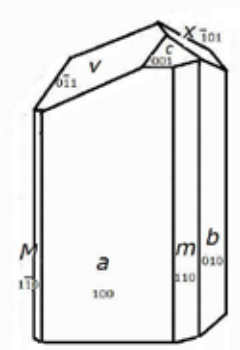


Рис. 5. Идеальный кристалл кианита-1.

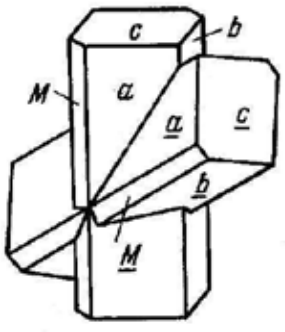


Рис. 6. Двойник прорастания кианита-1.

На кианите-1 хорошо развиты грани вертикального пояса (*a, b, m, M*) и торцевых пинакоидов (*v, x*) (рис. 4, табл.). Идеальный кристалл представляется короткостолбчатым (рис. 5), возможны крестообразные двойники прорастания (рис. 6).

Таблица. Результаты измерения гранных углов на кристаллах кианита.

грани	индексы граней	угол	Кианит из кианитовых сланцев								
			Ки-1			Ки-2			Ки-3		
			Число кристаллов 29			Число кристаллов 37			Число кристаллов 28		
			угол	Число встречен-ных углов	% от общего количества	угол	Число встречен-ных углов	% от общего количества	угол	Число встреченных углов	% от общего количества
ab	(100):(010)	73˚44′	**73˚**	11	13	**72˚**	9	6	**73˚**	4	4
am	(100):(110)	34-21	**34**	13	15	**34**	29	20	**37**	15	16
aM	(100):(1$\bar{1}$0)	48-41	**47**	6	7	**47**	59	41	**48**	14	15
ae	(100):(210)	20-47	**24**	1	1	**20**	5	3	**20**	2	2
ca	(001):(100)	78-25	**78**	5	6	**0**	0	0	**77**	7	7
cb	(001):(010)	86-48	**86**	12	14	**85**	2	1	**87**	25	27
cm	(001):(110)	80-28	**80**	4	5	**80**	1	1	**81**	1	1
cM	(001):(1$\bar{1}$0)	82-22	**82**	1	1	**0**	0	0	**83**	1	1
vb	(0$\bar{1}$1):(0$\bar{1}$0)	56-11	**54**	13	15	**54**	15	10	**55**	11	12
ob	($\bar{1}$11):(0$\bar{1}$0)	64-13	**64**	10	12	**64**	12	8	**65**	9	9
xa	($\bar{1}$01):($\bar{1}$00)	57-55	**58**	9	11	**57**	15	10	**58**	6	6

Ко второй генерации относится кианит, нарастающий на кианит-1 (рис. 7) и другие более ранние минеральные фазы (сульфиды, кварц) в виде игольчатых кристаллов, образующих радиально-лучистые агрегаты метельчатого и сноповидного строения (рис. 8) размером 0.5-10 см. Размеры индивидов кианита-2 по толщине ~0.1 мм, по длине до 1 мм. Многочисленные кристаллы кианита-2 присутствуют на периферии радиально-лучистых сферолитов (рис. 9). Веероподобный рост кианита-2 обусловлен расщеплением кристаллов включениями дисперсного графита, распределенного в кианите неравномерно. Расщепление кристаллов в присутствии нерастворимых примесей на фронте кристаллизации рассмотрено в [3]. Изучено 37 кристаллов кианита-2.

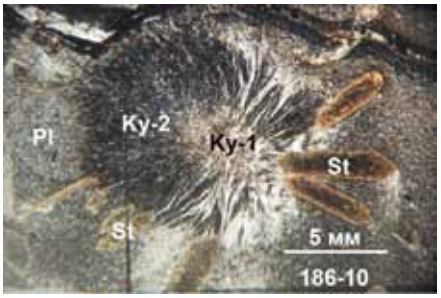


Рис. 7. Конкреция кианита-2. Шлиф.

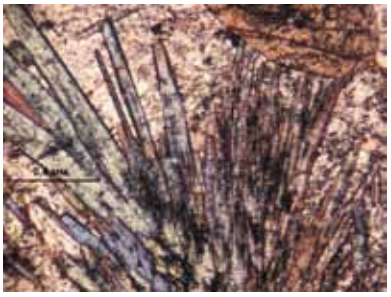


Рис. 8. Друза кианита-2 на периферии конкреции. Шлиф.

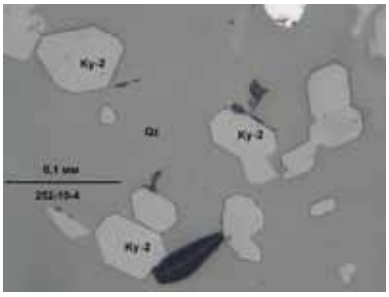


Рис. 9. Кристаллы кианита-2. Аншлиф.

Результаты исследования показали (табл.), что на кристаллах кианита-2 хорошо развиты грани вертикального пояса *(a, m, M, b*) и торцевых пинакоидов (*v,x)*. Почти не развита грань (*c*), она не встречается с комбинации граней (*ca*) и (*cM*) (рис. 10). Около 50 % изученных кристаллов кианита-2 оказались двойниками, судя по удвоению числа одинаковых граней *a, m, M, x*. Кристаллы кианита-2 очень похожи на кристаллы кианита-1, но в них слабо развита грань *b* {010} и сильно развита грань *M* {1$\bar{1}$0}. Кроме того, кристаллы кианита-2 игольчатые (рис. 11). Около половины кристаллов кианита-2 являются двойниками срастания по (100) (рис. 12).

По сравнению с формами кианита в перекристаллизованных сланцах [1], формы кианита-2 отличаются большим разнообразием граней. Кроме граней *a, b, m, M, v, c,* обнаруженных ранее, на кристаллах кианита-2 присутствуют грани *e, x, o*. Таким образом, метаморфизм привел к некоторому упрощению

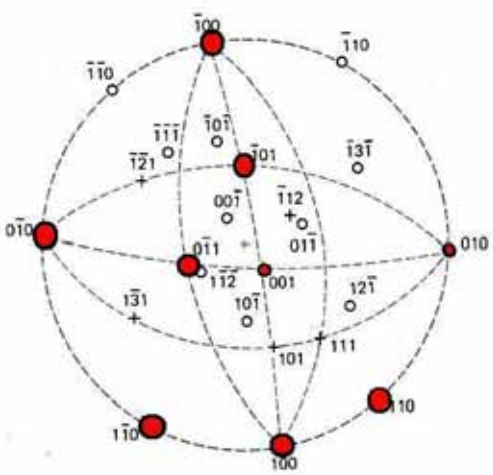


Рис. 10. Стереографическая проекция кинита-2.

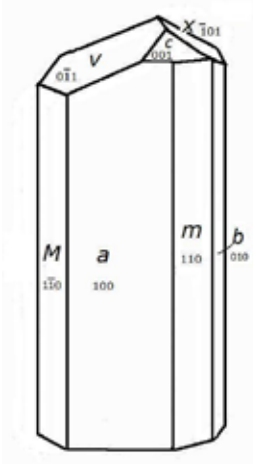


Рис. 11. Идеальный кристалл кианита-2.

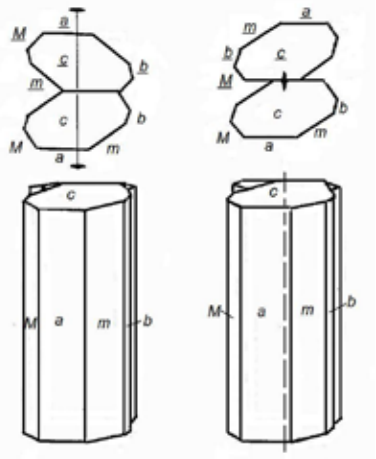


Рис. 12. Двойники срастания кианита-2.

форм кристаллов кианита. После завершения кристаллизации кианита-2 образовался кианит-3. Он кристаллизовался метасоматически за счет субстрата. Установлены прожилки кианита-3, секущие сферолиты кианита-2. Кристаллы кианита-3 относятся к расщепленным. Формы агрегатов – сложные комбинированные поверхности метакристаллов (сферокристаллов), образующих в сланце непрерывные цепочки различной длины, в поперечном срезе похожие на хиастолит (рис. 13). Огранку кристаллов можно найти только на поверхности (рис. 14) или внутри (рис. 15) сферокристаллов, где кианит контактирует с кварцем. Полно ограненные индивиды кианита-3 встречены внутри параморфоз. Всего изучено 28 кристаллов и агрегатов с огранкой, в том числе «параморфические» кристаллы [2].

Рис. 13. Метакристаллы кианита-3. Штуф.

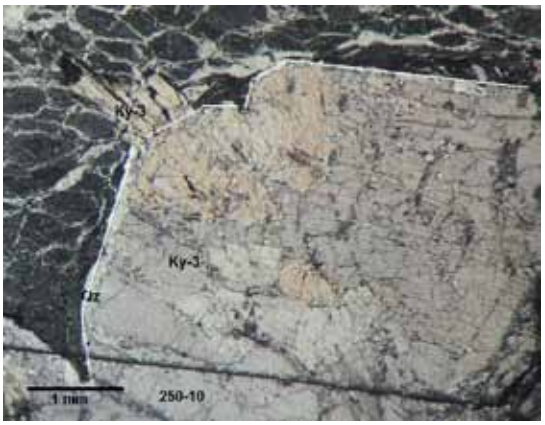


Рис. 14. Метакристалл кианита-3. Шлиф.

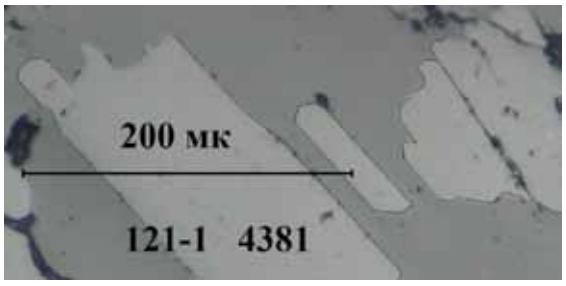


Рис. 15. Кристаллы кианита-3. Аншлиф.

Формы на кристаллах кианита-3 и параморфозах соответствуют друг другу. На кианите-3 присутствуют все основные грани, но наиболее развиты грани вертикального пояса (*a, m, M*) и торцевых пинакоидов (*c,v)* (рис. 16). Наиболее часто встречается угол между гранями (*cb*) при незначительном развитии грани (*b*), что подтверждает блочный рост кристаллов с выходом грани (*c*) на поверхность агрегатов. Эта форма является главной и в крупных параморфозах. По формам кристаллов кианит-3 более близок кианиту-4 из приконтактовых зон кианитовых сланцев с основными породами (рис. 17). На кианите-3 и параморфозах не обнаружено ни одного гранного угла андалузита, что свидетельствует об отсутствии граней его кристаллов. Описанные в литературе «параморфозы кианита по андалузиту» являются, скорее всего, собственными формами кианита.

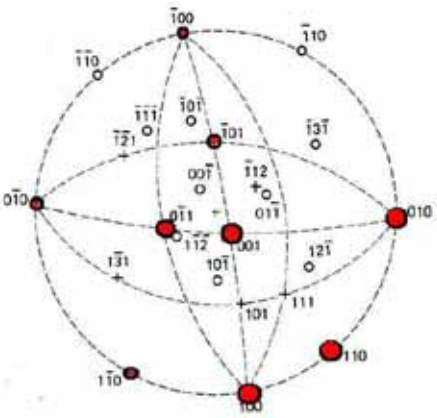


Рис. 16. Стереографическая проекция граней кристаллов кианита-3.

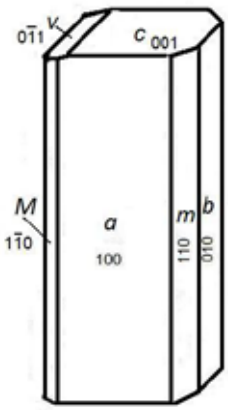


Рис. 17. Идеальный кристалл кианита-3.

Таким образом, простые формы на кристаллах кианита разных генераций имеют разное развитие. На кристаллах кианита-1 хорошо развиты грани вертикального пояса (*a, b, m, M*) и торцевых пинакоидов (*v, x*), кристаллы представляются короткостолбчатыми, возможно присутствие крестообразных двойников прорастания. Кристаллы кианита-2 похожи на кристаллы кианита-1, но на них слабо развита грань {010} и сильно – грань {1$\bar{1}$0}. Кроме того, кристаллы кианита-2 игольчатые, около половины из них являются двойниками срастания по (100). На кристаллах кианита-3 есть все основные грани, но наиболее развиты грани вертикального пояса (*a, m, M*) и торцевых пинакоидов (*c,v)*. Характерен блочный рост кристаллов с выходом грани (*c*) на поверхность агрегатов, которые по морфологии относятся к сферокристаллам. По формам кристаллов кианит-3 более всего близок кианиту-4 из зон перекристаллизации кианитовых сланцев на контакте с основными породами. Простые формы на кианите-3 и известных по литературе «параморфозах кианита по андалузиту» соответствуют друг другу. Скорее всего, «параморфозы» являются собственными кристаллическими формами кианита.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бельков И.В. Кианит из контактовых зон Кейвских кианитовых сланцев // Матер. по минералогии Кольского п-ова. Вып. 1. Кировск: Выборгская типография, 1959. С. 135-148.
2. Бельков И.В. Кианит из кианитовых сланцев свиты Кейв // Матер. по минералогии Кольского п-ова. Вып. 2. Апатиты: Изд-во КФ АН СССР, 1962. С. 5-45.
3. Чесноков Б.В. Морфологический метод определения относительного возраста минералов // Генезис минеральных индивидов и агрегатов. М.: Наука, 1966. С. 9-24.

ОКСИДНАЯ МИНЕРАЛИЗАЦИЯ В ПИРОКСЕНИТАХ И ЖИЛЬНЫХ ТЕЛАХ НА УЧАСТКАХ МОРОШКОВОЕ ОЗ. И ЮЖНОСОПЧИНСКИЙ, МОНЧЕГОРСКИЙ КОМПЛЕКС

Рундквист Т.В.[1], Мокрушин А.В.[1], Мирошникова Я.А.[2], Базай А.В.[1], Савченко Е.Э.[1]

[1] ГИ КНЦ РАН, [2] АФ МГТУ, rund@geoksc.apatity.ru; mokrushin@geoksc.apatity.ru

Мончегорский рудный район – один из наиболее изученных в Кольском регионе. Инфраструктура Мурманской обл. во многом определена тем, что в ультраосновных породах г. Сопча, Ниттис, Нюд и др. найдены месторождения Cu и Ni. Они положили начало строительству комбината «Североникель» и г. Мончегорск. Сотрудники Геологического института КФ АН СССР (ныне – ГИ КНЦ РАН) за 60 лет внесли огромный вклад в изучение геологического строения и минеральных богатств двух крупнейших мафит-ультрамафитовых интрузий района – Мончеплутона и Главного хребта. Это Т.Н. Иванова, Е.К. Козлов, В.С. Докучаева, Б.А. Юдин, В.Ф. Смолькин, Ж.А. Федотов, Ю.Н. Нерадовский, Д.А. Орсоев, И.С. Бартенев, Р.М. Галимзянова и др. К 1980-ым главные черты геологического строения Мончегорского рудного узла изучены достаточно полно. В начале XXI в. Т.Б. Баяновой с коллегами возраст Мончеплутона определен как раннепротерозойский [1]. Силами производственных и научных организаций выделено несколько участков с ЭПГ минерализацией, а месторождение Pt и Pd Вурэчуайвенч поставлено на государственный баланс.

Несмотря на хорошую изученность Мончеплутона, некоторые частные вопросы, касающиеся геологического строения и рудоносности ряда участков, еще ожидают изучения. Интересный участок расположен в ЮВ части Мончеплутона, между г. Сопча, Нюд и Вурэчуайвенч вблизи оз. Морошкового, а также к ЮВ от него на уч. Южносопчинский (рис. 1). Ранее эта территория была залесена, но после кислотных дождей и пожара здесь появилось большое число коренных обнажений, изучение которых в 2010-2011 гг.

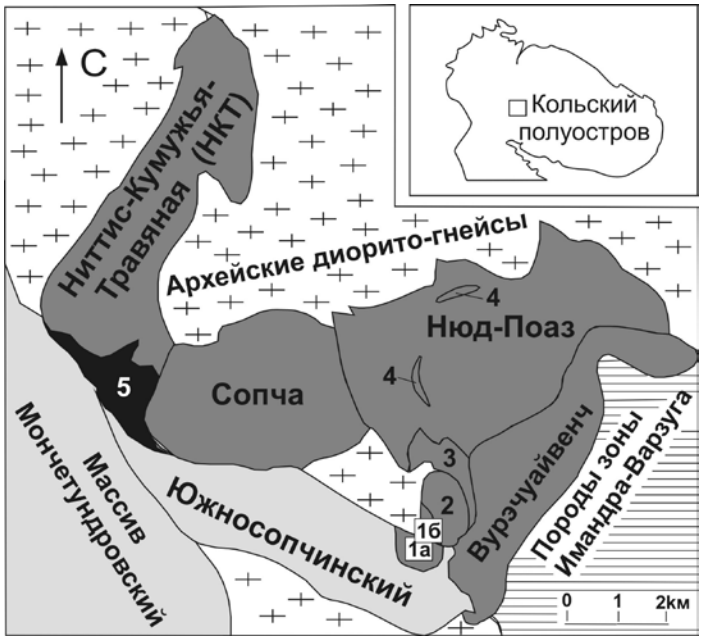


Рис. 1. Схема геологического строения Мончегорского рудного узла. 1а – уч. Южносопчинский; 1б – уч. Морошковое оз.; 2 – тектонический блок В. Нюд; 3 – массив Габбро-10; 4 – выходы пород Критического горизонта Нюда (КГН); 5 – Дунитовый блок.

позволило авторам сделать ряд интересных находок и наблюдений. В этой статье рассмотрен лишь один вопрос – о составе оксидной минерализации в норитах и пироксенитах, а также в секущих их жильных пироксенитах.

Наиболее распространенные породы на уч. Морошковое оз. и в северной части уч. Южносопчинский – амфиболизированные ортопироксениты или меланократовые нориты, которые представляют собой ортопироксеновый кумулат с интеркумулусными плагиоклазом и моноклинным пироксеном. В них присутствуют единичные выделения оксидов и сульфидов. Метапироксениты и метанориты пересечены пироксеновыми, плагиоклаз-пироксеновыми и плагиоклаз-амфиболовыми жилами. Видимая мощность наиболее крупных жил достигает 2 м, мощность большинства жил не превышает 1 м. Мощные жилы имеют СЗ простирание и падение на СВ от 70° до субвертикального. Многочисленные апофизы, отходящие от мощных жил во всех направлениях, имеют извилистую форму. Минеральный состав жил изменчив – от преимущественно ортопироксенового до амфибол-плагиоклазового, общее для всех жил – оксидная и редкая сульфидная вкрапленность. Наиболее мощные жилы в центральной части участка сложены черной на сколе, с зеленоватым оттенком, крупнозернистой массивной породой, где хорошо видны крупные выделения оксидов железа и более мелкая сульфидная вкрапленность.

Жильные тела ультраосновного состава обнаружены в Мончегорском р-не еще в начале 1930-х. Богатейшие сульфидные жилы массива Ниттис-Кумужья-Травяная (НКТ) отработаны в течение 20 лет. Подробная характеристика строения и состава жил дана В.А. Маслениковым и П.В. Лялиным [2]. Но жилы НКТ сложены не только сульфидным веществом. В.А. Масленников и П.В. Лялин указывают, что к югу – по простиранию жил – в них появляются плагиоклаз, роговая обманка, биотит, апатит, и сульфидные жилы переходят в жилы габбро-пегматитов, преобладающими минералами которых являются плагиоклаз (An 65-45), амфиболизированные ромбический и моноклинный пироксены. В верхней части жил, в северной и южной частях НКТ, сульфидные жилы по простиранию переходят в магнетитовые. Таким образом, возможно сопоставление жил уч. Морошковое оз. и Южносопчинский с жилами ЮЗ части НКТ, не содержащими богатой сульфидной руды. По минералогическому составу они сходны также с образованиями Сопчинского жильного поля (Расслоенные интрузии…, 2004).

Начиная с конца 80-х годов XX века, рудные объекты Мончегорского района обследовались на платинометальное оруденение. В сульфидных жилах НКТ и Сопчи были установлены минералы платиновых металлов. Обнаруженные в последние годы медно-платиноидные руды массива НКТ связаны с тектоническими минерализованными трещинными зонами, представляющими собою хвосты вышезалегающих сульфидных жил главного рудного поля [5]. Наши исследования показывают, что именно жильные тела плагиоклаз-пироксенового состава и их измененные разности на уч. Южносопчинский содержат ЭПГ оруденение. Жилы на уч. Морошковое оз. также содержат сульфидную и ЭПГ минерализацию, ЭПГ+Au в одной из жил составляет 0.37 ppm.

Оксидная и сульфидная вкрапленность амфиболизированных пироксенитов, вмещающих жильные тела, и жильных тел изучена в полированных шлифах на микроскопе Axioplan. Оксиды представлены редкой вкрапленностью, размер выделений до 2-3 мм, но практически все зерна представляют собой тонкие сростки нескольких минералов (размер выделений < 1 мкм), что не позволило проанализировать образцы на микрозондее MS-46 Cameca. Оценка состава минеральных фаз была выполнена при помощи энергодисперсионной приставки Röntec к сканирующему электронному микроскопу Leo-1450 (табл.).

Таблица. Состав Cr-Fe-Ti минералов.

Компоненты, масс .%	1	2	3	4	5	6	7	8
	Пр 1	Пр 2	Пр 2	Аю 1	Аю 1	Пр 1	Пр 1	Пр 2
MgO	–	–	0.95	1.59	1.26	–	–	–
Al_2O_3	5.78	5.35	5.22	15.44	12.85	1.23	0.49	1.32
SiO_2	0.51	–	0.73	0.60	0.68	0.36	0.49	–
CaO	0.17	–	0.22	0.24	–	0.14	–	0.21
TiO_2	4.62	4.50	1.07	0.78	0.52	3.39	0.42	4.55
V_2O_5	–	–	1.23	–	–	–	1.07	–
Cr_2O_3	34.05	28.18	51.02	37.28	37.83	9.69	2.50	10.63
MnO	1.07	1.34	1.37	–	–	–	–	0.84
ΣFeO	52.55	58.79	41.23	44.01	42.11	79.98	91.32	83.40
ZnO	0.55	0.72	0.78	1.51	2.23	0.12	–	0.12
NiO	–	–	–	–	–	–	0.20	–
Сумма	99.31	98.89	103.82	101.45	97.47	94.91	96.49	101.08
	9	10	11	12	13	14	15	16
	Пр 2	Аю 6	Пр 1	Аю 6	Аю 7	Аю 7	Аю 7	Аю 7
MgO	–	1.81	1.44	0.83	–	0.73	–	0.28
Al_2O_3	1.02	1.17	–	0.30	0.49	0.38	1.49	4.44
SiO_2	–	0.88	0.49	0.26	0.51	0.62	28.86	28.75
CaO	–	0.48	–	0.36	0.74	0.80	28.40	28.07
TiO_2	2.59	1.33	51.35	50.60	50.78	51.64	35.49	31.95
V_2O_5	0.96	1.41	–	1.02	–	–	–	–
Cr_2O_3	9.51	5.63	1.42	0.32	0.28	–	0.38	–
MnO	0.53	–	1.05	–	2.31	2.20	–	–
ΣFeO	83.18	95.38	49.39	48.69	47.47	46.33	1.13	1.29
ZnO	0.11	–	0.19	–	–	–	–	–
NiO	0.11	–	–	–	–	–	–	–
Σ	98.03	108.08	105.33	102.39	102.59	102.68	95.75	94.78

Примечание: 1-5 – хромиты; 6-10 – магнетиты; 11-14 – ильмениты; 15, 16 – титаниты. Анализы 1-3, 6-9, 11 выполнены на микрозондовом анализаторе Cameca MS-46 (аналитик Е.Э. Савченко); оценка состава минералов 4, 5, 10, 12-16 выполнена при помощи энергодисперсионной приставки Röntec к сканирующему электронному микроскопу Leo-1450 (аналитик А.В. Базай). $\Sigma FeO = FeO + Fe_2O_3$.

Оксидная минерализация амфиболизированных пироксенитов, вмещающих жильные тела, представлена хромитом (рис. 2а); в большинстве зерен наблюдаются тонкие структуры распада, где матрицу слагает хромит, а вростки сложены им же, но более железистой разновидностью (рис. 2б). В виде вкрапленности также распространен хромит, в краевых частях зерен замещенный ильменитом (рис. 2в). Хромит амфиболизированных пироксенитов по составу близок к акцессорным хромитам из норитов Мончеплутона и других раннепротерозойских расслоенных комплексов Кольского региона.

Редкие сульфидные зерна в амфиболизированных пироксенитах представлены преимущественно халькопиритом, иногда в срастании с галенитом и пиритом; размер сульфидных сростков не превышает 40 мкм. В интерстициях между зернами амфиболизированного ортопироксена встречен сульфидно-оксидный сросток сложного состава (рис. 2г). Основная масса сростка представлена тонким срастанием магнетита и хромита и более крупными включениями ильменита. В краевой части наблюдаются зерна халькопирита и галенита, имеющие наложенный характер, судя по морфологии выделений.

В двух плагиоклаз-амфиболовых жилах ранее установлены шлировидные скопления густовкрапленных хромититов [3]. Их морфология оказалась необычной. Хромит в шлировидных выделениях представлен овальными зернами без четких кристаллографических очертаний, края зерен резорбированы.

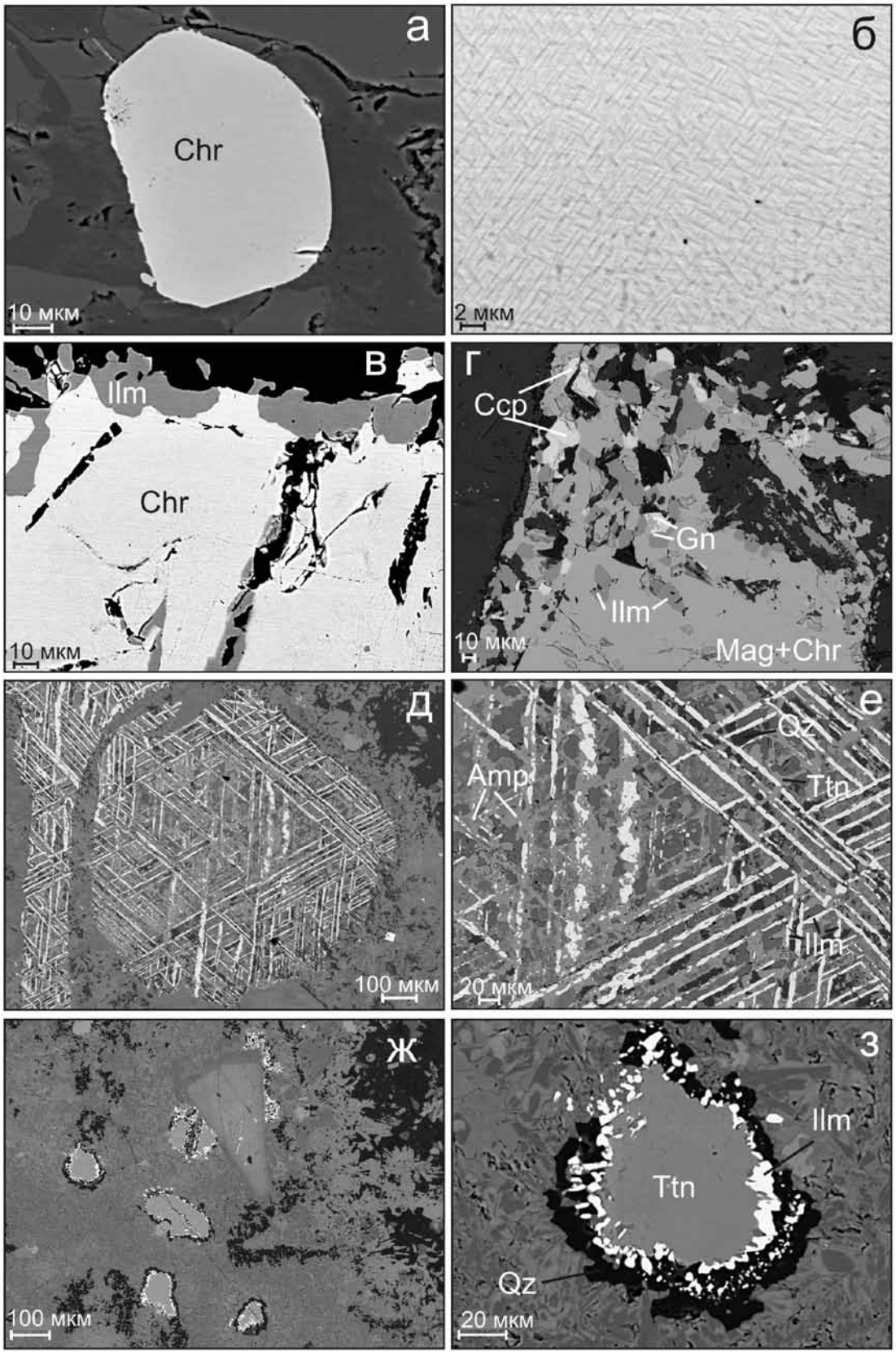


Рис. 2. Морфология выделений рудных минералов в породах уч. Южносопчинский и Морошковое оз. а – овальное зерно акцессорного хромита в метапироксените; б – тонкая решетчатая структура распада в хромите из метапироксенита; в – развитие ильменита в каймах и по трещинам в хромите из метапироксенита; г – развитие ильменита, халькопирита и галенита в краевых частях крупного зерна магнетита с графическими врастками хромита, из метапироксенита; д – крупные зерна ильменита с графическими структурами распада из плагиоклаз-амфиболовой жилы; е – фрагмент зерна на рис. 1 д, срастания ильменита, титанита, частично замещенные амфиболом (актинолит), плагиоклаз-амфиболовая жила; ж, з – зональные агрегаты титанита, ильменита и кварца из плагиоклаз-амфиболовой жилы.

Характерный размер зерен 100-400 мкм. По внутреннему строению зерна хромита представляют собой продукт распада твердых растворов и сложены ильменитом, магнетитом и хромитом, что редко встречается в основных-ультраосновных породах [4]. Ильменит в структуре распада представлен пластинчатыми, округлыми или неправильными выделениями различного размера и ориентировки. Кроме того, ильменит встречается в виде отдельных более крупных зерен в краевой части рудных агрегатов. Крупные выделения ильменита характеризуются более высоким содержанием TiO_2 (до 51.35 мас. %), в отличие от ильменита структур распада (TiO_2 = 47.10 мас. %). Хромит и магнетит в виде решетчатых или пятнистых структур распада слагают основную массу рудных зерен в шлирах. Хромитовая составляющая структур распада представлена титанохромитом и титаноферрихромитом, реже – хромитом. Магнетитовая составляющая структур распада представлена хроммагнетитовой разностью с повышенным содержанием TiO_2 (0.42 мас. %) и Cr_2O_3 (2.50 мас. %). Хромититы в составе жильного комплекса Мончеплутона, в том числе с необычными трехкомпонентными структурами распада, обнаружены впервые. Акцессорный хромит из пироксенитов значительно более глиноземистый и менее железистый по сравнению с жильным хромитом. Магнетит из жил, не содержащих хромита, также представлен хроммагнетитом. Это подтверждает генетическую общность всех жильных тел, как содержащих, так и не содержащих хромит.

В образце жильного пироксенита с вкрапленной оксидной минерализацией изучены крупные (до 5 мм) скелетные кристаллы (рис. 2 д, е), сложенные главным образом ильменитом и титанитом. В срастаниях с ними присутствуют амфибол тремолит-актинолитового ряда, кальцит и кварц. В этом же образце обнаружены необычные зональные срастания титанита с ильменитом и кварцем («ёжики») (рис. 2 ж, з). Они имеют размер 100-200 мкм, овальную или неправильно-закругленную форму, центральная часть сложена титанитом с редкими мельчайшими (< 1 мкм) включениями апатита. Титанит окружен каймой удлиненных зерен ильменита, ресположенными радиально. Ильменитовая кайма обрамлена выделениями зернистого кварца. Тонкая галенит-халькопиритовая вкрапленность также присутствует в жильном пироксените и по морфологии аналогична таковой, наблюдаемой во вмещающих жилы амфиболизированных пироксенитах и меланократовых норитах. Сульфидные вкрапленники ассоциируют с агрегатами зерен амфибола, находятся с ними в тесном срастании.

Изучение оксидной и сульфидной минерализации из пироксенитовых и плагиоклаз-амфиболовых жил, а также амфиболизированных пироксенитов, вмещающих жильные тела, показало, что первоначально пироксениты содержали редкую вкрапленность акцессорного хромита. Жильные тела, внедрившиеся в пироксениты, варьируют по составу от пироксенитовых до существенно плагиоклазовых, но жилы всех типов несут оксидную минерализацию с повышенным содержанием титана и железа. Шлиры хромитита в жилах тоже обогащены титаном. Затем комплекс пород претерпел интенсивные метаморфические преобразования с привносом сульфидного вещества. В результате жильные породы и вмещающие их пироксениты подверглись амфиболизации. Повсеместно в породах появилась тонкая вкрапленность халькопирита и галенита. Хромит и титаномагнетит были изменены с образованием сложных структур распада твердых растворов.

Исследования выполнены при финансовой поддержке гранта РФФИ № 11-05-00061а.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Баянова Т.Б. Возраст реперных геологических комплексов Кольского региона и длительность процессов магматизма. СПб.: Наука, 2004. 174 с.
2. Геология и рудные месторождения Мончегорского плутона. Тр. ЛАГЕД АН СССР. Вып. 3. Л.: Изд-во АН СССР, 1956. 328 с.
3. Мокрушин А.В., Мирошникова Я.А., Савченко Е.Э. Ассоциация Cr-Fe-Ti минералов в плагиоклаз-амфиболовых жилах уч. «Морошковое оз.», Мончегорский плутон // Геология и геоэкология: исследования молодых. Матер. XXII конф. памяти чл.-корр. К.О. Кратца. Апатиты, 8-10 нояб. 2011 г. Апатиты: Изд-во К & М, 2011. С. 134-136.
4. Плаксенко А.Н. Типоморфизм акцессорных хромшпинелидов ультрамафит-мафитовых магматических формаций. Воронеж: Изд-во ВГУ, 1989. 224 с.
5. Расслоенные интрузии Мончегорского рудного р-на: петрология, оруденение, изотопия, глубинное строение. Ч. 1. Апатиты: Изд-во КНЦ РАН, 2004. 177 с.

ЗАКОН МАЛЫХ ЦЕЛЫХ ЧИСЕЛ В МИНЕРАЛОГИИ И ЕГО РЕАБИЛИТАЦИЯ

Смирнова Н.Л.

Московский госуниверситет, Москва, snl194@mail.ru

Пифагор (570-490 гг. до н.э.) выдвинул универсальное положение, касающееся всего на Земле, следовательно, геологических, минералогических и геохимических объектов. Он полагал, что в основе развития мира лежат количественные отношения, что в основе вещей лежит число. Одним из числовых законов является закон малых целых чисел (ЗМЧ).

Его впервые ввёл Р.-Ж. Гаюи (1743-1822). Он установил, что символы граней кристаллов состоят из трёх небольших целых чисел hkl. Эти числа – отрезки, отсекаемые гранями кристалла на осях координат, выраженные в параметрах элементарной ячейки. Будем называть h, k, l символами, а комбинацию hkl – формулой. Число символов в формуле hkl равно 1-3, если 0 не считать числом. Обнаружилось много исключений из закона Гаюи. Автором закон Гаюи реабилитирован при условии, что под небольшим числом (1-3 или 1-4) понимаем число значащих символов в формуле hkl или hkil (i = h + k). Например, формулы 100, 110 и 111 содержат 1, 2 и 3 значащих символов. Значения символов могут быть большими. Согласно принципу достаточного основания Аристотеля («бритва Окама»), число составляющих сущностей (символов) не должно превышать минимально необходимое. Это значит, что следует использовать формулу hkl, а не hkil. Но hkil часто используется для описания форм гексагональных минералов. Поэтому число необходимых символов в формуле может быть увеличено при целевом использовании. Принцип достаточного основания не ограничивает число необходимых исходных составляющих, тогда как ЗМЧ требует, чтобы это число было небольшим.

Д. Дальтон (1766-1844) утверждал, что в формулах химических соединений и минералов коэффициенты – это малые целые числа, но в дальнейшем обнаружилось множество исключений. Для реабилитации утверждения Дальтона нами рассмотрены формулы минералов. Они состоят из видообразующих элементов – символов и коэффициентов. Число символов равно числу коэффициентов и числу модулей, где модуль – это символ с коэффициентом. Формулу делим на две части: формулу символов и формулу коэффициентов. Будем относить ЗМЧ Дальтона не к величине коэффициентов, а к их числу, т.е. к числу разных катионов, анионов, атомов. Тогда число символов в формулах равно 1-4, т.е. имеет место ЗМЧ для элементного состава. При этом число модулей катионов, анионов, атомов тоже равно 1-4. В результате реабилитируем положение Дальтона по числу коэффициентов.

В. Гольдшмидт (1853-1933) построил компликационную схему бинарных отношений [4] в соответствии с законом К.С. Вейса (1780-1856), который рассматривал совокупность граней, параллельных одному направлению, т.е. зону hk0. Он установил, что новая грань в зоне имеют формулу, получающуюся сложением символов граней, образующих ребро, притуплением которого она является. При получении новой формулы складываются символы в одном положении. Гольдшмидт, как и Брокоччи, после сложения символов проводил смещение формул вниз на одну ступень (01+11 → 12; 12+11 → 23, 12+01 → 13; и т.д.). Точка с запятой означает переход на новую ступень. Формулы В. Гольдшмидта относятся к зоне, параллельной оси z, и заканчиваются символом 0, который опускаем. Он предположил, что число ступеней равно 4, и что реализуются грани только первых 4 ступеней. Все исключения он считал малозначительными и не принимал во внимание.

Отличие результатов Р.-Ж. Гаюи и В. Гольдшмидта заключается в том, что второй конкретизировал формулы. Их составляющие символы: 0, 1, 2, 3. При этом он допустил большое число исключений. Нами установлено, что компликационная схема В. Гольдшмидта может быть использована для количественных отношений в разных системах. При этом к указанным им добавляются еще две ступени, формулы в которых могут быть реализованы: 34, 35, 25, 14; 45, 57, 58, 47, 37, 38, 27, 15. Дальнейшие ступени содержат пропуски, т.е. не реализованные формулы. Без пропусков формулы сохраняются только в некоторых арифметических прогрессиях с исходными формулами и разностями из небольших чисел: 11 (разность 01); 12; 13; 14; 15; … 12 (разность 11); 23; 34; 45; ... 11 (разность 12); 23; 35; 47; … 01 (разность 12); 13; 25; 37; … 12 (разность 13); 25; 38; … 01 (разность 13); 14; 27; … . Эти последовательности наиболее длинные, но имеются и более короткие. Будем считать, что ЗМЧ проявляется в том, что число реализованных ступеней равно 6, а если не считать исходные формулы в компликационной схеме, то 4. То есть, ЗМЧ проявляется по признаку: число ступеней, на которых все формулы реализованы, в такой формулировке он реабилитируется. Компликационная схема получается в результате интеграции (сложения символов) и дифференциации (удвоения

числа формул на каждой последующей ступени). Формулы могут состоять не только из двух, но из трёх и четырёх составляющих. В этом случае место формулы определяют два наибольших числа, следующие по возрастанию, за ними следуют остальные. Так правило В. Гольдшмидта реабилитируется и по количеству составляющих формулу чисел (1-4).

А.А. Богданов (1873-1928) утверждал, что расщепление объекта на составные части происходит ступенчато, но число ступеней не велико [2]. Его заслуга в том, что он указал на универсальность правила расщепления и отметил переход к новому качеству после завершения расщепления. По А.А. Богданову, проявление ЗМЧ универсально и заключается в том, что число ступеней невелико и равно 1-4. Приведем пример расщепления формулы минерала арагонита $MgCa(CO_3)_2$. Формула состоит из видообразующих химических элементов. У разновидности арагонита формулы состоят из видообразующих атомов и сопутствующих им изоморфов. Все формулы расщепляются на катионную и анионную части. Затем расщепление осуществляется на качественную и количественную части. В частности, формула арагонита расщепляется на |MgCa| <11> и |CO| <26>, где в уголках приведены коэффициенты катионной и анионной части. Дальнейшее расщепление осуществляется разделением катионных и анионных качественных формул на отдельные атомы. Последующее расщепление приводит к новому качественному состоянию. В нашем случае число ступеней расщепления равно 4. А всего число ступеней расщепления может быть равно 1-4.

Л.К. Полинг (1901-1994) установил проявление ЗМЧ в кристаллических структурах химических ионных соединений, подчиняющихся правилу валентностей (заряд анионной части равен заряду катионной части). Он сформулировал ЗМЧ в виде 5-го правила (1929), назвав его «парсимонией»: число существенно различных типов составляющих в кристалле стремится быть небольшим [7]. Из его примеров следует, что под кристаллом он понимает кристаллическую структуру ионного химического соединения, а под типами составляющих – координационные сферы (связность) анионов – вершин катионно-анионных полиэдров. В правиле Полинга не указано, чему равно небольшое число. Большинство учёных, в том числе сам Л.К. Полинг, перестали упоминать 5-е правило. Г. Б. Бокий (1909-2001) отмечал, что оно не универсально [3], Н.В. Белов – что оно имеет большое число исключений.

В.С. Урусов и Н.Н. Ерёмин конкретизировали определение парсимонии: «Число различных структурных элементов в одной кристаллической структуре стремится быть небольшим»; «число разных по конструкции структурных фрагментов стремится к минимуму»; «число существенно различных структурных единиц в кристалле стремится быть минимальным» [6]. Авторы отмечают большое число исключений, при этом считают преждевременным отказываться от правила парсимонии. В том, что 5-е правило не универсально, все авторы правы. Это связано с тем, что оно выполняется не по всем признакам. В кристаллической структуре фрагменты могут быть выделены разными способами. Следует уточнять признаки, по которым они выделяются.

Н.В. Белов (1891-1982) рассматривал 3-мерные сетки из правильных полиэдров (кубооктаэдров) с идентичными вершинами [1]. В этом случае вершины и центры кубооктаэдров образуют кубическую плотнейшую упаковку. Вершины идентичны, каждая поделена между четырьмя кубооктаэдрами. Нами исследование Н.В. Белова продолжено. Установлено (1956), что вершины кубооктаэдров могут быть поделены между 1-4 кубооктаэдрами, что указывает на обязательность ЗМЧ. Установлены модели из правильных кубооктаэдров со связностью 4, 3, 2, 1, 4; 3, 4; 2, 4; 1, 3 и 2. Оказалось, что модель с дальним порядком и связностью 4 и 1 не возможна. При связности 4 возможны две геометрически разные координации вершин кубооктаэдров – по квадрату и тетраэдру. В результате потенциально возможны бесконечные серии политипов, из которых реализуется лишь небольшое число. Между слоями кубооктаэдров образуются интерфейсы, вершины в которых имеют координацию центрами по квадрату (a) или тетраэдру (b). Возможны и более сложные модели. Было предложено послойное сопоставление структурных типов. Этот способ назван методом кристаллограмм, в частности, координатных спектров. Изучение СТ этими методами выявило, что каждый СТ состоит из 1-4 разных слоев (фрагментов, сминалов). Структуры из более чем четырёх разных сминалов установить не удалось. Это указывает на проявление ЗМЧ в системе СТ.

Итак, правила Гаюи-Полинга реабилитированы нами по числам: качественно различных символов, коэффициентов, ступеней с реализованными формулами в компликационной схеме, ступеней расщепления, связности вершин координационных полиэдров, разных фрагментов-сминалов в структурных типах химических соединений. Из-за большого числа исключений эти правила практически исчезли со страниц научной и учебной литературы. Нами с 1956 г. проводятся исследования по реабилитации ЗМЧ. Он сформулирован на основе 5-го правила Л.К. Полинга: «В любой системе имеется хотя бы один признак, в соответствии с которым число разных типов составляющих стремится быть небольшим 1-4. Числа 5 и более

допустимы, но вероятность их реализации крайне мала». Благодаря выделению новых признаков, забытый к середине XX в. ЗМЧ или закон парсимонии, нами модифицирован, унифицирован, верифицирован и реабилитирован.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Белов Н.В. Структура ионных кристаллов и металлических фаз. М.: Изд-во АН СССР, 1947. 238 с.
2. Богданов А.А. Тектология. М.: Экономика, 1989. Т. 1. 304 с. Т. 2. 354 с.
3. Бокий Г.Б. Введение в кристаллохимию. М.: Изд-во МГУ, 1954. 490 с.
4. Гольдшмидт В. О компликации и диспликации. Пер. с нем. Ю.Л. Войтеховского. Апатиты: Изд-во Геологического ин-та КНЦ РАН, 1998. 69 с.
5. Смирнова Н.Л. Закон малых чисел в природе, кристаллохимии, структуре интерметаллических и других соединений // Всес. конф. по кристаллохимии неорганических соединений. Львов.: Изд-во Львовского гос. ун-та, 1971. С. 5-6.
6. Урусов В.С., Ерёмин Н.Н. Кристаллохимия. М.: Изд-во МГУ, 2010. 256 с.
7. Pauling L. The principles determining the structure of complex ionic crystals // J. Am. Chem. Soc. 1929. V 51. N 4. P 1010-1026.

ЛОКАЛИЗАЦИЯ И СОСТАВ МАЛОСУЛЬФИДНОЙ ПЛАТИНОМЕТАЛЬНОЙ МИНЕРАЛИЗАЦИИ В ЗАПАДНО-ПАНСКОМ МАССИВЕ

Субботин В.В., Корчагин А.У., Габов Д.А., Савченко Е.Э.

Геологический институт КНЦ РАН, Апатиты

Западно-Панский расслоенный массив является крупнейшим интрузивным блоком в составе платиноносного раннепротерозойского Фёдорово-Панского базит-гипербазитового интрузивного комплекса [2, 4, 5, 7, 11]. Он представляет собой пластовое тело с выдержанным простиранием отдельных слоёв, падающих на ЮЗ под углом 25-35°. Его протяжённость около 25 км, мощность ~ 4 км. Характерной чертой является присутствие нижнего (НРГ) и верхнего (ВРГ) расслоенных горизонтов. Это важнейшие элементы структуры массива, контролирующие сульфидную Cu-Ni минерализацию и связанное с ней ЭПГ оруденение. С НРГ связан Северный платиноносный риф, в ВРГ находится Южный платиноносный риф. Общая протяжённость каждого рифа > 20 км.

НРГ залегает в 600-800 м выше подошвы массива. Он образован тонким чередованием контрастных по составу пород – норитов, пироксенитов, лейкократовых пятнистых габбро и анортозитов среди часто чередующихся разнозернистых габброноритов и габбро. Эти породы слагают слои, ленты, вытянутые линзы мощностью от нескольких см до первых м. Лейкократовые габбро иногда образуют раздувы до 15-25 м. Породы имеют субширотное простирание и падение в южном направлении под углом 30°. Средняя мощность НРГ ~50 м.

Внутреннее строение НРГ циклическое (ритмичное) – чередование подобных друг другу, повторяющихся частей вертикального разреза. Большинство циклов в подошве содержат слой кумулятивного плагиопироксенита или норита. Лейкократовые породы слагают верхние части циклов. Мощность циклов составляет в среднем 10-15 м. Число циклов в НРГ варьирует от 1 до 5. Чаще всего надежно выделяются 2 или 3 цикла. Уровни сульфидного ЭПГ оруденения (Северный платиноносный риф) приурочены ко 2 и 3 циклам магматической стратификации НРГ (рис. 1).

Северный риф представляет собой сульфидоносную зону шириной 5-15 м, согласную с расслоенностью пород НРГ, выдержанную по простиранию и падению. Мощность сульфидных зон варьирует от первых десятков см до 5-6 м. Чёткий литологический контроль оруденения отсутствует. Рудные зоны не имеют геологических границ, их контуры определяются по результатам опробования.

ВРГ выделен по появлению плагиоклазовых кумулатов (pC) в верхней части разреза (~ 3000 м выше подошвы). Мощность горизонта 400-500 м в западной части массива, 100-130 м – в восточной. Он представляет собой чередование разнозернистых габброноритов (pbCa, pbaC) с протяжёнными телами норитов (bCp) и анортозитов (pC). Тела анортозитов прослеживаются по простиранию до 2 км.

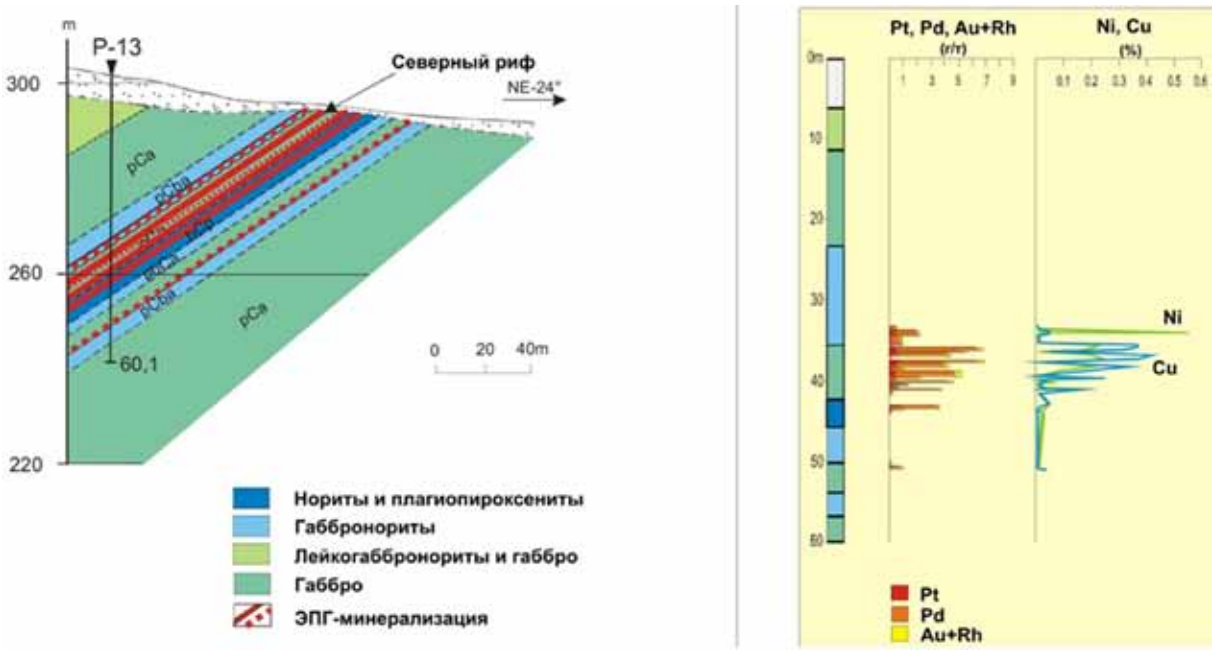


Рис. 1. Геологический разрез и распределение рудогенных компонентов по скв. Р-13, Северный риф.

На всём протяжении ВРГ на нескольких уровнях в той или иной степени проявлены зоны сульфидной минерализации с ЭПГ, приуроченные к телам анортозитов. Основной интерес представляет наиболее выдержанная по простиранию и падению рудоносная зона в нижней части ВРГ – Южный платиноносный риф. Оруденение локализовано вблизи кровли протяжённого слоя анортозитов (рис. 2). Сульфиды образуют согласные линзы и шлировидные зоны мощностью 0.5-2.0 м протяжённостью до первых сотен метров. Границы рудных зон определяются по результатам опробования. Литологический контроль оруденения более выдержанный – все наиболее значимые рудопроявления локализованы в анортозитах. Минерализация крайне не выдержанная, прерывистая по простиранию и падению, что является одной из отличительных черт оруденения Южного рифа.

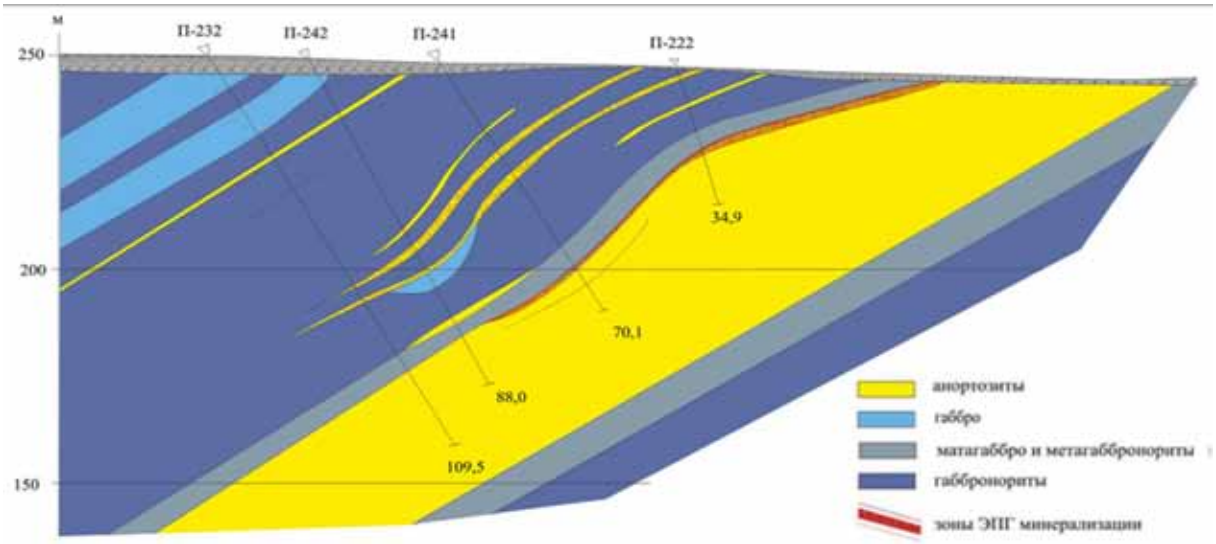


Рис. 2. Геологический разрез ВРГ на уч. Ю. Пешемпахк – Южный риф.

ЭПГ-оруденение в обоих рифах пространственно и генетически связано с сульфидной Cu-Ni минерализацией и характеризуется ярко выраженной Pd специализацией (табл. 1). Оруденение Южного рифа контрастно отличается минеральным составом, резкими вариациям содержаний ЭПГ, самой высокой для массива степенью концентрации ЭПГ в сульфидной фазе и максимальной обогащённостью Pd относительно Pt.

Главные сульфидные минералы в Северном рифе представлены типичной позднемагматической пирротин-пентландит-халькопиритовой ассоциацией. В качестве акцессорных и вторичных минералов в

переменных количествах присутствуют пирит, макинавит, марказит, миллерит, годлевскит, полидимит, кубанит, борнит, ковеллин, дигенит, халькокит, сфалерит, виоларит. Редкие акцессории: галенит, аргентопентландит, молибденит, линнеит, кобальтин, акантит, гессит, хаулеит, клаусталит.

Таблица 1. Характеристика сульфидной минерализации, типичные содержания и отношения рудогенных компонентов.

Северный риф	Южный риф
Интерстициальная сульфидная вкрапленность Cp-Pn-Po-типа, среднее содержание сульфидов ~1 мас . %.	Крайне неравномерное, бедное сульфидное оруденение, нередко без видимых сульфидов. Представлено смешанными ассоциациями Cp-Pn-Po и Mlr-Bn типов. Среднее содержание сульфидов 0.5-1 мас. %.
ЭПГ+Au – 0.8-8 г/т; Ni – 0.05-0.15 мас.%; Cu – 0.05-0.20 мас.%; Pd/Pt=6.7; Cu/Ni=1.1	ЭПГ+Au – 1-20 г/т, в единичных пробах до 220 г/т; Ni – 0.03-0.13 мас.%; Cu – 0.05-0.20 мас.%; Pd/Pt=9.5; Cu/Ni=1.9

В сульфидной минерализации Южного рифа пирротин имеет резко подчинённое значение, важную роль приобретает более низкотемпературная ассоциация халькопирита и пентландита с борнитом и миллеритом. Вторичные и акцессорные минералы: пирит, виоларит, полидимит, кубанит, талнахит, ковеллин, дигенит, халькокит, кобальтин, сфалерит, галенит, клаусталит.

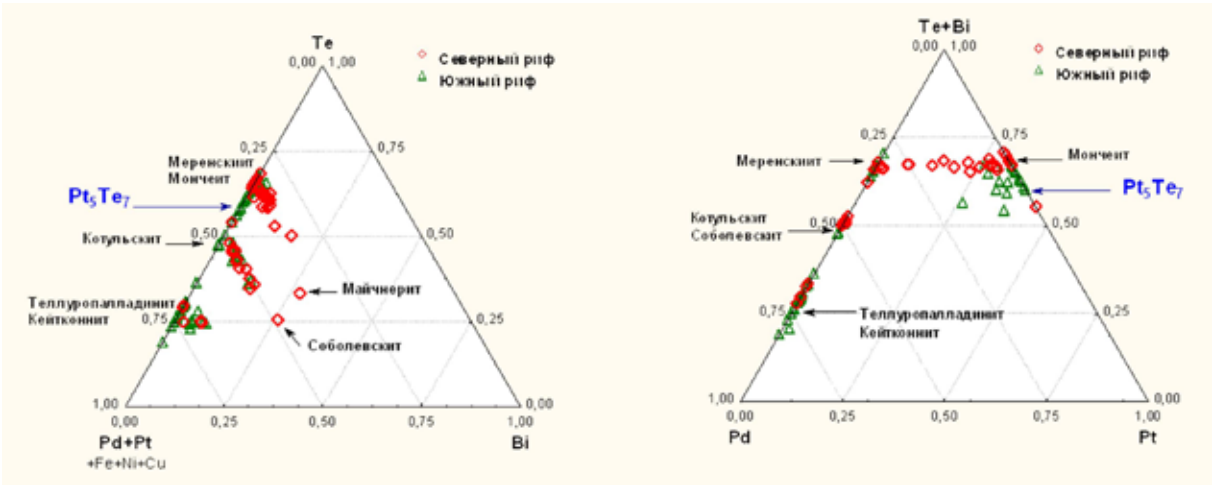


Рис. 3. Тройные диаграммы состава (а.к.) висмуто-теллуридов Pd и Pt (111 SEM/EDS и м/з анализов).

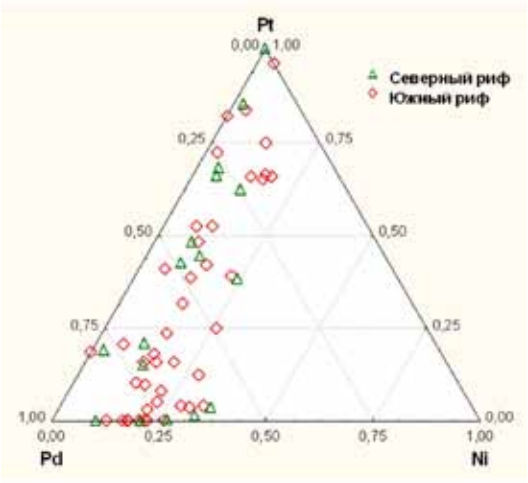


Рис. 4. Диаграмма химического состава (а.к.) минералов ряда брэггит-высоцкит (58 SEM/EDS и м/з анализов).

Минеральный состав собственно платинометалльной минерализации в обоих рифах весьма сложен (табл. 2). При общей схожести видового состава, ЭПГ-оруденение рифов существенно различается количественным соотношением главных и второстепенных минералов платиновых металлов (МПМ), составом отдельных минералов и изоморфных серий (табл. 2, рис. 3, 4).

В Северном рифе главными концентраторами ЭПГ, наряду с пентландитом, являются минералы изоморфных серий котульскит-соболевскит, меренскиит-мончеит и высоцкит-брэггит. Составы этих серий представлены здесь всеми крайними и большинством промежуточных членов (рис. 3, 4), что может свидетельствовать о длительной и сложной истории формирования оруденения. Согласно экспериментальным и геологическим данным [3, 6, 9, 12], все они могли кристаллизоваться в высокотемпературных позднемагма-

тических условиях непосредственно из сульфидного расплава и газово-жидкого флюида после главных сульфидных минералов (500-1100 °C).

Таблица 2. Относительная распространённость МПМ и Au в Северном и Южном рифах (об. %, по данным диагностики 1712 зерен SEM/EDS-методом) и средние содержания Pd в пентландите (по данным м/з анализа).

МПМ и минеральные фазы	Северный риф	Южный риф	Макс. размер зёрен. мкм
Кол-во диагностировонных зёрен	1015	697	
Золото (Au,Ag,Pd)	1.1	0.5	30×50
Серебро (Ag,Au)	е.з.	е.з.	5×10
Изоферроплатина $(Pt,Pd)_3Fe$	е.з.	е.з.	5×10
Хонгшиит (Pt,Pd)Cu	е.з.	е.з.	3×15
Палладий (Pd, Ag)	–	е.з.	0.5×2
Скаергаардит (Pd,Cu,Zn)	–	е.з.	5×10
Звягинцевит Pd_3Pb	е.з.	0.2	10×15
Рустенбергит Pt_3Sn	е.з.	–	10×15
Паоловит $(Pd,Au)_2Sn$	е.з.	–	30×40
Атокит $(Pd,Pt,Au)_3Sn$	е.з.	е.з.	5×10
Паларстанид $Pd_5(Sn,As)_2$	е.з.	–	30×40
Брэггит-куперит (Pt,Pd,Ni)S	10.6	20.2	110×320
Маланит $Cu(Pt,Ir)_2S_4$	е.з.	–	5×20
Высоцкит (Pd,Pt,Ni)S	14.3	64.1	200×660
Василит $Pd_{16}S_7$	–	е.з.	2×3
Лафламмеит $Pd_3Pb_2S_2$	–	е.з.	5×5
Лаурит $(Ru,Os)S_2$	е.з.	е.з.	5×5
Купродсит $Cu(Rh,Pt)_2S_4$	–	е.з.	3×5
Ирарсит (Ir,Ru,Rh,Pt)AsS	е.з.	е.з.	5×10
Холлингуортит (Rh,Pt,Pd)AsS	е.з.	е.з.	10×20
Сперрилит $PtAs_2$	1.2	1.5	50×250
Стиллуотерит Pd_8As_3	1.0	1.5	30×50
Палладоарсенид Pd_2As	е.з.	–	20×30
Меньшиковит $Pd_3Ni_2As_3$	–	е.з.	20×30
Винцентит $(Pd,Pt)_3(As,Sb,Te)$	е.з.	е.з.	3×5
Мертиит $Pd_{11}(Sb,As)_4$	е.з.	е.з.	10×15
Торнроозит $Pd_{11}As_2Te_2$	0.1	0.3	50×100
Мончеит $(Pt,Pd)(Te,Bi)_2$	15.4	1.3	100×100
Кейтконнит $Pd_{20}Te_7$	0.3	3.8	20×30
Котульскит Pd(Te,Bi)	40.4	4.7	120×320
Меренскиит $(Pd,Pt)(Te,Bi)_2$	13.1	0.7	50×100
Теллуропалладинит Pd_9Te_4	е.з.	1.1	20×30
Соболевскит PdBi	0.5	–	20×30
Майченерит (Pd,Pt)BiTe	е.з. ?	–	20×30
Темагамит Pd_3HgTe_3	е.з.	–	2×3
Теларгпалит $(Pd,Ag)_{3+x}Te$	0.5	е.з.	30×50
Сопчеит $Ag_4Pd_3Te_4$	0.5	е.з.	30×50
Без названия $(Re,Cu,Pt)S_2$?	е.з.	–	3×5
Без названия $(Pd,Ag)_4S$?	–	0.1	15×20
Без названия $Pd_{2-x}(Bi,Pb)(S,Se)$?	е.з.	–	8×15
Без названия Pt_5Te_7 ?	е.з.	е.з.	5×10
Без названия $Pd_3(Ge,Te)$?	–	е.з.	0.5×8
Ср. содерж. Pd в пентландите, г/т	1800(25)	1100(11)	

В минерализации Южного рифа наряду с резко преобладающими минералами серии высоцкит-брэггит установлены котульскит («соболевскитовая ветвь» отсутствует), крайние Pd и Pt члены серии меренскиит-мончеит, важное значение приобретают поздние высокопалладиевые теллуриды – кейтконнит и теллуропалладинит, увеличивается доля сперрилита и арсенидов Pd, сложных сплавов (звягинцевита, хонгшиита) и сульфидов (лафламмеита, фазы $(Pd,Ag)_4S$). Характерно почти полное отсутствие станнидов за исключением атокита. Значительно чаще встречаются неназванные минеральные фазы, особенно Pt_5Te_7.

Многие особенности ЭПГ-минерализации Южного рифа свидетельствуют о более низкотемпературных условиях формирования МПМ в сравнение с Северным рифом. Так, для минералов высоцкит-брэггитовой серии Южного рифа характены более высокие содержания Ni. Экспериментальные исследования системы PtS-PdS-NiS в интервале 1200-700 °C [12] показали, что содержание Ni в составе высоцкитов-брэггитов снижает температуру стабилизации их структур и, следовательно, в перенасыщенной Ni среде, является функцией температуры минералообразования и может быть описано следующей зависимостью: $T\ [°C] = 998.07\ (\pm7.88) + 0.05\ (\pm0.02) \times Pt^2 - 4.24\ (\pm0.16) \times Ni^2$. Оценка температуры формирования высоцкитов-брэггитов из разных месторождений и рудопроявлений Федорово-Панского комплекса в расчёте на средний состав минералов дана в таблице 3. Результаты позволяют предполагать наименьшую температуру образования этих минералов именно в Южном рифе в сравнении с Северным и всеми остальными месторождениями Фёдорово-Панского комплекса.

Появление в Южном рифе меньшиковита – арсенида Pd и Ni, возможно, является индикатором ещё более низких температур образования МПМ. Тройная фаза $Pd_{5.7}Ni_{4.0}As_{6.0}$, близкая к природному меньшиковиту $Pd_3Ni_2As_3$, синтезирована при 450 °C в системе Pd-Ni-As [8, 9]. При более высоких температурах стабильны только бинарные соединения Pd-As, Ni-As и Pd-Ni сплавы с незначительной примесью As.

Сосуществующие в одной минеральной ассоциации Южного рифа котульскит, теллуропалладинит, кейтконнит и звягинцевит могут указывать на близкую к 400 °C температуру образования. Об этом свидетельствуют результаты экспериментального исследования системы Pd-Pb-Te при 400 °C [13].

Таблица 3. Оценка температуры формирования минералов ряда брэггит-высоцкит на основе экспериментальных данных в системе PtS-PdS-NiS в интервале 1200-700 °C.

Участки	Средний состав	Кол-во SEM/EDS и м/з анализов	Температура (°C)
Южный риф	$(Pd_{0.51}Pt_{0.21}Ni_{0.15})_{\Sigma0.87}S_{1.00}$	41	745
Северный риф	$(Pd_{0.49}Pt_{0.26}Ni_{0.14})_{\Sigma0.89}S_{1.00}$	17	825
Фёдорова тундра	$(Pd_{0.54}Pt_{0.26}Ni_{0.10})_{\Sigma0.90}S_{1.00}$	59	898
В. Чуарвы	$(Pd_{0.65}Pt_{0.30}Ni_{0.10})_{\Sigma1.05}S_{1.00}$	20	919

Указанные особенности состава и локализации оруденения рифов являются следствием разных условий формирования и постмагматического преобразования. ЭПГ-минерализация Северного рифа сохраняет черты первично-магматического генезиса и во многом сходна с оруденением других месторождений Фёдорово-Панского комплекса [4, 7] и мировых классических аналогов, например, J-M рифа комплекса Стиллуотер [6].

Оруденение Южного рифа отличается крайне высокой степенью изменчивости и невыдержанности, обилием поздних низкотемпературных ассоциаций МПМ и максимальной обогащённостью Pd относительно Pt. Все минералогические особенности Cu-Ni-ЭПГ минерализации в анортозитах Южного рифа свидетельствуют о её флюидно-метасоматической переотложенной природе, по крайней мере, о значительной ремобилизации рудного вещества в формировании оруденения. Предполагается, что источником ЭПГ и S была толща плагиоклазовых кумулатов (анортозитов) ниже современного среза рифа. Ремобилизованные ЭПГ и S входили в состав высокотемпературного постмагматического хлорного флюида и мигрировали в его составе вверх. Структурной ловушкой, вблизи которой происходила повторная кристаллизация сульфидов и МПМ, был верхний контакт анортозитовых слоёв и линз. Большинство минерализованных зон этого типа в Южном рифе приурочены к висячему боку анортозитовых тел.

Влияние постмагматического гидротермального изменения на состав первично-магматических руд, в первую очередь на соотношение Pt, Pd, Cu, выявлены при минералого-геохимическом изучении J-M рифа [10]. Pt и Pd из первичных руд могли выноситься в виде бисульфидных и хлоридных комплексов гидротермальными флюидами, богатыми летучими при температуре около 350 °C.

Изотопно-геохронологические данные по датированию процессов рудогенеза в Фёдорово-Панском инрузивном комплексе U-Pb методом по акцессорным цирконам показывают довольно узкий временной

интервал формирования основных рудных горизонтов: 2485±9 – 2491±1,5 млн. лет. Окончательное становление геохронологических изотопных систем в рудных анортозитах Верхнего расслоенного горизонта отличается по возрасту на 40 млн. лет (2447±12) [1]. Это является прямым подтверждением возможной принадлежности ЭПГ-оруденения Южного рифа к ремобилизованному флюидно-метасоматическому типу.

Работа подготовлена при поддержке Государственного контракта № 16.515.11.5013.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Баянова Т.Б. Возраст реперных геологических комплексов Кольского региона и длительность процессов магматизма. СПб.: Наука, 2004. 174 с.
2. Габов Д.А., Рундквист Т.В., Субботин В.В. Платинометальная минерализация Западно-Панского массива, Кольский п-ов // Докл. АН. 2007. Т. 414. № 2. С. 215-218.
3. Дистлер В.В., Гороховская Т.Л., Евстигнеева Т.Л. и др. Петрология сульфидного магматического рудообразования. М.: Наука, 1988. 232 с.
4. Корчагин А.У., Субботин В.В., Митрофанов Ф.П. и др. Платинометальное месторождение Киевей в Зап.-Панском расслоенном массиве: геологическое строение и состав оруденения // Интеррег-Тасис проект: Стратегические минеральные ресурсы Лапландии – основа устойчивого развития Севера. Вып. II. Апатиты: Изд-во КНЦ РАН, 2009. С. 12-32.
5. Митрофанов Ф.П., Балабонин Н.Л., Баянова Т.Б. и др. Кольская платинометальная провинция: новые данные // Платина России. Кн. 1. М.: ЗАО «Геоинформмарк», 1999. С. 43-52.
6. Налдретт А.Дж. Магматические сульфидные месторождения медно-никелевых и платинометальных руд. СПб.: Изд-во СПбГУ, 2003. 487 с.
7. Субботин В.В., Корчагин А.У., Савченко Е.Э. Платинометальная минерализация Фёдорово-Панского рудного узла: типы оруденения, минеральный состав, особенности генезиса // Вестник КНЦ, 2012. № 1. С. 55-66.
8. Gervilla F., Makovicky E., Makovicky M. et al. The system Pd-Ni-As at 790° and 450°C // Econ. Geol. 1994. V 89. P 1630-1639.
9. Makovicky E. Ternary and quaternary phase systems with PGE // Geology, geochemistry, mineralogy and mineral beneficiation of platinum-group elements. Canad. Inst. of Mining, Metallurgy and Petroleum. 2002. V 54. P 131-176.
10. Polovina J.S, Hudson D.M., Jones R.E. Petrographic and geochemical characteristics of postmagmatic hydrothermal alteration and mineralization in the J-M Reef, Stillwater Complex, Montana // Canad. Miner. 2004. V 42. N 2. P 261-277.
11. Subbotin V.V., Korchagin A.U., Gabov D.A. et al. Platinum-group minerals in the PGE deposit of the Fedorovo-Pansky layered intrusion, Kola Peninsula // Abstr. vol. of the 33rd IGC. Oslo, 2008.
12. Verryn S.M.C., Merkle R.K.W. The system PtS-PdS-NiS between 1200° and 700°C // Canad. Miner. 2002. V 40. N 2. P 571-584.
13. Vymazalová A., Drábek M. The system Pd-Pb-Te at 400 °C: phase relations involving pašavaite and potential minerals // Canad. Miner. 2011. V 49. N 6. P 1679-1686.

НЕКРИСТАЛЛОГРАФИЧЕСКАЯ СИММЕТРИЯ БИОПОЛИМЕРОВ И ЗАКОНОМЕРНОСТИ УПАКОВКИ α-СПИРАЛЕЙ В ГЛОБУЛЯРНОМ БЕЛКЕ

Талис А.Л.

Институт элементоорганических соединений РАН, Москва, talishome@mail.ru

Введение. Система точек, для которых фиксировано минимальное и максимальное расстояние, называется системой Делоне. Для определения симметрии упорядоченных систем Делоне, возникающих путем сборки конечных или бесконечных подструктур, как правило, используются лишь точечные и (или) федоровские группы, элементы которых не способны отображать симметрию объединяемых подструктур. Проблема выявления некристаллографической симметрии весьма актуальна для биополимеров. Например, существующая структурная классификация белков основана на компьютерной классификации (биоинформатике), позволяющей просто сопоставлять белки [6]. При этом вопрос о возможности определения вторичных структур белков как реализаций неких математических конструкций остается открытым.

Необходимый минимум информации о проблеме содержится в наборе цитат из [6]. «Биологическая функция белков (как и других важнейших для жизни макромолекул – ДНК и РНК) тесно связана с определенностью их трехмерных структур. Знание молекулярной трехмерной структуры белка необходимо для понимания функционирования белковой молекулы. (Говоря о “структуре белка”, “формировании структуры белка” и т.д., часто на самом деле имеют в виду закономерности, доказанные лишь для водорастворимых глобулярных белков). Белок тверд – белковая цепь упакована плотно. Говоря о твердости, надо различать сравнительно небольшие и действительно твердые однодоменные белки (они состоят из одной компактной глобулы) и более крупные белки, имеющие либо доменную, либо четвертичную структуру: слагающие их субглобулы могут сдвигаться и раздвигаться, а также слегка, как твердое тело, деформироваться (но не полностью перестраиваться!) при функционировании белка. И «упаковки», и «мотивы укладки» цепи в белковую глобулу сосредоточивают наше внимание не просто на всевозможных (рыхлых, ажурных и т.п.) комплексах из структурных сегментов, а лишь на тех, где они, эти структурные сегменты, уложены плотно. Так мы очерчиваем те области конфигурационного пространства, что соответствуют плотной (но без стерического перекрывания) упаковке белковой цепи в глобулу, т.е. окрестности достаточно глубоких минимумов энергии невалентных взаимодействий. Они дают возможность не только классифицировать уже известные белковые структуры, но и предвидеть новые, еще не найденные в природе». Если белок (и другие биополимеры) не является кристаллическим, то для него как дискретной упорядоченной плотноупакованной структуры правомерна постановка вопроса о симмметрийных закономерностях таких “упаковок», и «мотивов”. В [4] на примере ряда упорядоченных структур показано, что расширение математического базиса кристаллографии позволяет более полно отображать их симметрию (и более точно классифицировать, предсказывать новые структуры и т.п.). Целью данной статьи является подтверждение этого положения и на “биологическом” примере упаковки α-спиралей в глобулярных белках.

Геликоиды α-спиралей и примеры их упаковок. На рис. 1 а, б показана α-спираль, которой в [12] сопоставлен содержащий 41 вершину прямоугольник гексагональной решетки (рис. 1 в). α-спирали соответствуют только 40 вершин, которые по 10 распределены по четырём диагоналям. Эти же вершины распределяются и по 11-ти прямым, параллельным образующему вектору решетки и пересекающим диагональ под углом 60º. Винтовая линия (далее – геликоид) {40/11} определяется последовательным движением по 11 виткам на поверхности цилиндра, который возникает после склеивания больших сторон прямоугольника на рис. 1 в. Образующийся геликоид определяется нецелочисленной [3, 14] винтовой осью 40/11, которая осуществляет вращение на (360º/40)11 = 99º, что соответствует экспериментальному углу вращения в 100º для α-спирали (рис. 1 б).

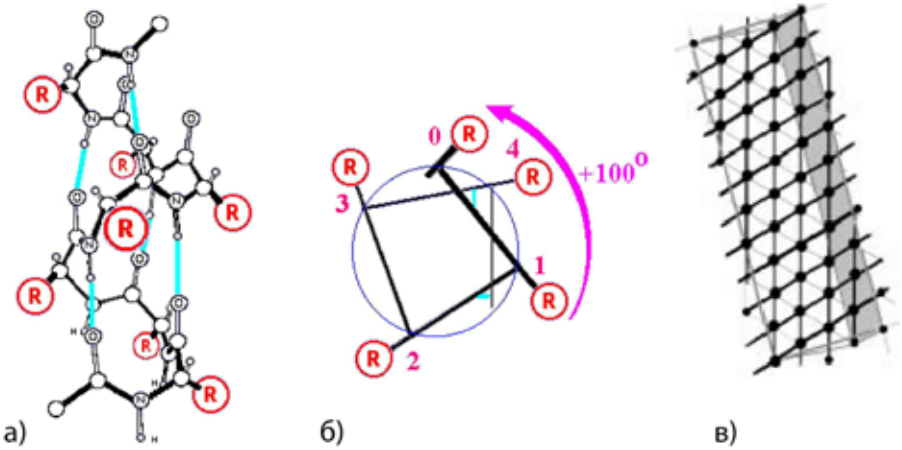


Рис. 1. а) Атомарная структура правой α-спирали. R – боковые группы. Голубые линии – водородные связи. б) Схематическое изображение одного витка той же α-спирали, вид с торца. Стрелка показывает поворот спирали в расчете на один остаток по мере ее приближения к нам. в) прямоугольник гексагональной решетки, в который может быть развернут 41-вершинный геликоид. При отождествлении больших сторон прямоугольника он содержит 4 диагональные прямые, обозначенные 1-4. Отбрасывание серого прямоугольника приводит к развертке 30 вершинного геликоида 30/11 Коксетера.

Плотнейшая упаковка тетраэдров в геликоид Коксетера [4] определяется геликоидом {30/11} (вращение на 132º), который задается объединением трех диагональных прямых (рис. 1 в). Каждой из них соответствует геликоид {10/1} (вращение на 36º). Ось 30/11 принадлежит политопу {3,3,5} (4-мерному

аналогу икосаэдра) и политопу {240}, в котором ось 40/9 осуществляет вращение на 81º [14]. Наличие связи между осями:

$$(30/11)^3 = (40/11)^4 = - (40/9)^4 = 10/1 \quad (1)$$

подтверждает возможность аппроксимации α-спирали геликоидом {40/11}, который, как и геликоиды 30/11 и 40/9, принадлежит к особому классу геликоидов Госсета [3, 14]. Вершины геликоида {40/11} принадлежат объединению 4-х геликоидов {10/1}:

$$\{40/11\} = \bigcup_{m=1}^{4} \{10/1\}_m \quad (2)$$

Согласно [6], укладки α-спиралей в глобулярных α-белках «можно неплохо описывать и классифицировать при помощи модели квазисферических многогранников» [10]. Суть модели «квазисферических многогранников» заключается в том, что она концентрирует внимание на расположении спиралей вокруг шарового ядра глобулы. Модель учитывает только, что α-спирали – твердые вытянутые частицы – плотно окружают ядро, а полярные концы спиралей находятся на поверхности глобулы. Каждая упаковка спиралей может моделироваться многогранником (каждая вершина которого соответствует как бы половине спирали). При этом данному числу спиралей отвечает один многогранник, а в его рамках существует несколько (от 2 до 10) типов укладок, соответствующих различным размещениям осей спиралей на ребрах многогранника[6].

«Квазисферические многогранники» [10] представляют собой многогранники пустоты Бернала, определенные в [1] с весьма актуальным названием «О роли геометрических факторов в структуре материи». В [11] эти равнореберные, триангулированные полиэдры определены как результат введения вдоль осей икосаэдра дисклинаций, взаимодействие которых определялось таблицей умножения группы Y' единичных кватернионов. Группе Y' соответствует множество 120 вершин политопа {3,3,5}, который определяется 4-мерной системой H_4 из 120 векторов. Они задают вершины политопа на 3-мерной сфере S^3 в 4-мерном пространстве E^4. Особые 3-мерные подсистемы H_4 определяют систему объединений правильных тетраэдров и равнореберных, триангулированных полиэдров, которая представлена в табл. 4 [14]. Полиэдры пустоты Бернала (квазисферические многогранники [10]) находятся в ее последнем столбце. Если пренебречь незначительным отличием ребра и радиуса икосаэдра и разницей в длинах ребер 11-вершинника Z11 [11] и изображенного на рис. 2 г [5], то табл. 4 [14] должна быть дополнена 8 и 9 строчками, с Z11в последнем столбце и икосаэдром в третьем.

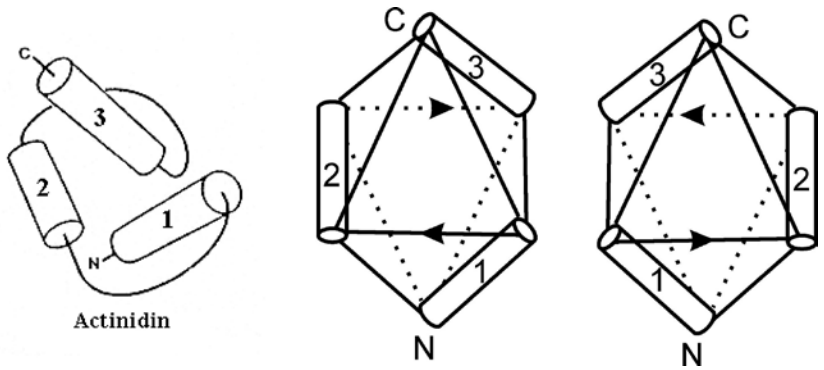


Рис. 2. а) Типичная упаковка α-спиралей в глобулярном белке; N-концевой домен актинидина. б) Размещение α-спиралей на ребрах октаэдра, моделирующее N-концевой домен актинидина. Стрелки указывают ход соединяющих α-спирали петель. в) Вторая возможная упаковка α-спиралей по ребрам октаэдра.

На рис. 2 а представлена типичная упаковка спиралей (ход петель прослежен грубо) в глобулярном белке. Идеализированная упаковка спиралей рис. 2 б достигается при их замене 3-мя цилиндрами, осями которых являются 3 непересекающихся ребра октаэдра, которые охватывают 6 его вершин. Вторая возможная упаковка этих спиралей (зеркальное отражение исходной) дана на рис. 2 в. Возможные варианты упаковки спиралей не сводятся к зеркальному отражению исходного варианта, а представляют собой все системы непересекающихся ребер, которые охватывают все вершины данного полиэдра пустоты.

Расслоение Хопфа для политопа {3,4,3} и упаковка α-спиралей. Полиэдры пустоты определяются системой векторов H_4, которая определяется 8-мерной решеткой E_8 – прафазой тетраэдрических (плотноупакованных) и тетракоординированных (алмазоподобных) структур [4, 5, 13, 14]. Первую координационную сферу E_8 образуют 240 векторов, соответствующих вершинам полурегулярного политопа Госсета $\{4_{21}\}$. Они могут быть разбиты на 10 непересекающихся подмножеств, каждому из которых сопоставля-

ется 24-вершинный политоп {3,4,3}, «центрированный» одной из 10 вершин политопа {3,3,3,4} – аналога октаэдра в E^5 [8, 9, 12, 13]. Десять вершин {3,3,3,4} можно считать точками базы, каждая из которых в единой составной конструкции нагружена своим 24-вершинным слоем. Эта конструкция представляет собой дискретный вариант расслоения Хопфа $S^7 \to S^4$ (слой S^3), в котором $\{4_{21}\}$, {3,3,3,4} и {3,4,3} принадлежат n-мерным сферам S^7, S^4 и S^3. Вершины политопа {3,4,3} можно рассматривать как дискретный вариант расслоения Хопфа $S^3 \to S^2$ (слой S^1), в котором базу образуют находящиеся на сфере S^2 вершины октаэдра {3,4}, а слой составляют находящиеся на окружности S^1 вершины квадрата{4} (рис. 3). Объединив рассмотренные варианты расслоений Хопфа, получим:

$$\begin{array}{ccccccccccc} E^8 & \supset & S^7 & \to & S^4 & ,E_8 & \supset & \{4_{21}\} & \to & \{3,3,3,4\} & \\ & & & \downarrow & & & & & \downarrow & & \\ & & & S^3 & \to & S^2 & & & \{3,4,3\} & \to & \{3,4\} \\ & & & & \downarrow & & & & & \downarrow & \\ & & & & S^1 & & & & & \{4\} & \end{array} \qquad (3)$$

где символ слоя расположен под идущей вниз стрелкой. Объединение слоёв в единый объект достигается конструкцией гладкого расслоения, включающей пространство расслоения, базу, гладкое отображение расслоения в базу, слой F, структурную группу G преобразований слоя и структуру расслоения. Если задана реализация группы G в виде группы гладких преобразований отличного от F слоя F’, можно построить расслоение со слоем F’, называемое ассоциированным с главным [2].

Схема расслоения Хопфа для политопа {3,4,3} показана на рис. 3 а. Каждая из 6 вершин {0, ∞, ± 1, ± i} базы – октаэдра, нагружена 4 точками слоя, лежащими на одной окружности. Каждая определяется кватернионом, который задается парой комплексных чисел: (± 1,0), (0, ± 1), (± i,0), (0, ± i), 1/2(± 1± i, ± 1± i) и соответствующей ему вершиной базы (рис. 3 а). Связность расслоения определяется правилом, которое ставит в соответствие соседним вершинам в базе соседние вершины в пространстве расслоения. Для каждой точки слоя в расслоении существуют 8 соседних точек.

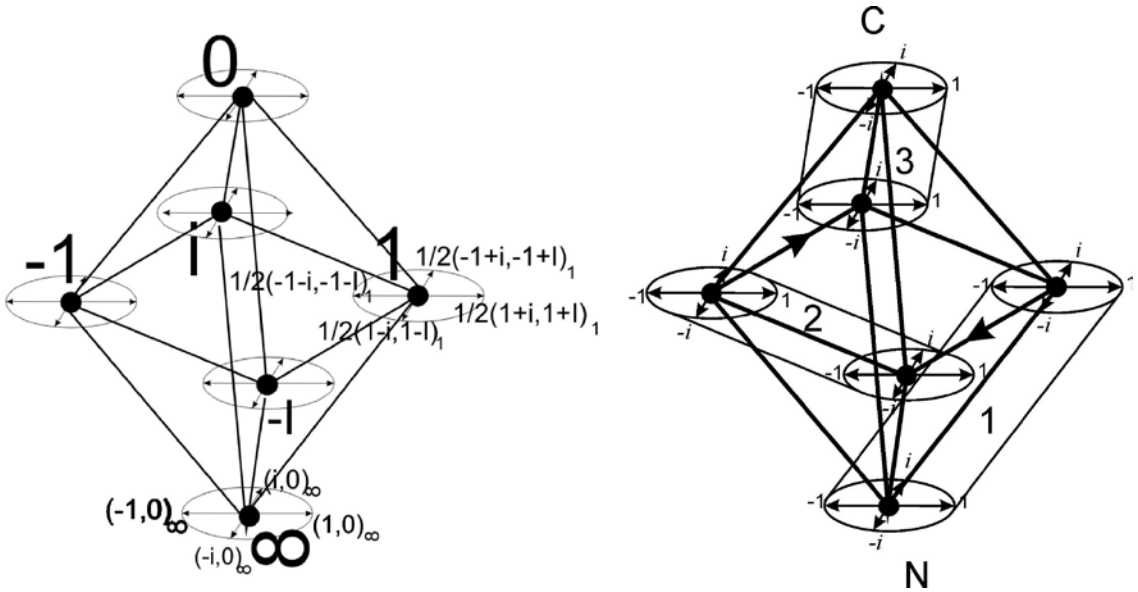
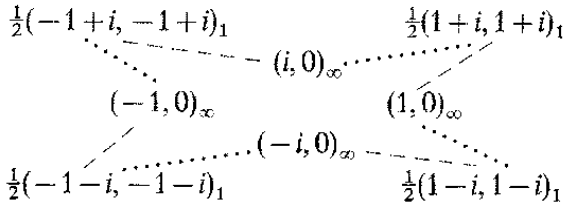


Рис. 3. а) Схема расслоения Хопфа для политопа {3,4,3}. Каждая из 6 вершин {0, ∞, ± 1, ± i} базы – октаэдра, нагружена 4 точками слоя, лежащими на одной окружности. Каждой точке слоя соответствует кватернион, задаваемый парой комплексных чисел. б). Разбиение представленного на рис. а множества из 6 слоев на 3 подмножества из пар слоев. Два слоя, для которых соответствующие им вершины базы образуют ребро, рассматриваются как основания одного цилиндра.

Например, для точки (1.0) ∞ ближайшими будут по 2 точки из слоев 1,-1, i, -i, но не существует ближайших к ним точек в слоях ∞ и 0. В частности, для точки $(1.0)_\infty$ ближайшими являются точки $1/2(1+i,1+i)_1$ и $1/2(1-i, 1-i)_1$. Связности при движении по ребру ∞ → 1 октаэдра базы (рис. 3 а) показаны на схеме:



(4)

где пунктирная и штриховая линии обозначают две различные связности. Так, при реализации «штриховой связности» движение по ребру $\infty\rightarrow1$ октаэдра базы приводит к движениям точек слоя: $(1,0)_\infty$ в $1/2(1+i, 1+i)_1$, $(i,0)_\infty$ в $1/2(-1+i, -1+i)_1$ и т.д. Данным парам точек из двух слоев соответствуют определенные ребра политопа {3,4,3}, которые мы обозначим $V_m(\infty\rightarrow1)$, m = 1-4. Ребра, которые соответствуют «пунктирной связности», будем обозначать через $V'_m(\infty\rightarrow1)$, m = 1-4. При сопоставлении каждому ребру $V_m(\infty\rightarrow1)$ политопа {3,4,3} геодезической, на которой находятся 10 вершин, отображаемых в диагональную прямую на рис. 1 в, получим в E^4 соответствующее (2) объединение 40 вершин:

$$\{40/11\}\ (\infty\rightarrow1)\} = \bigcup_{m=1}^{4}\ \{10/1\}\ (V_m\ (\infty\rightarrow1)) \tag{5}$$

определяющих цилиндр 1 на рис. 2 б и рис. 3 б.

Стрелке, связывающей цилиндры 1 и 2 (рис. 2 б, 3 б), можно поставить в соответствие движение $1/2(1+i, 1+i)_1$--------$1/2(1+i, -1+i)_{-i,}$ т.е. ребро $V_m(1 \rightarrow -i)$ политопа. Цилиндру 2 можно сопоставить аналогичное (5) объединение, в котором вместо $\infty\rightarrow1$ будет стоять $-i \rightarrow -1$. Таким образом, цепь цилиндров на рис. 3 б однозначно определяется «политопом»:

$$\{40/11\}\ (\infty \rightarrow 1) \cup V_m(1 \rightarrow -i).\ \cup\{40/11\}\ (-i \rightarrow -1)\cup\ V_m(-1 \rightarrow i) \cup\ \{40/11\}\ (i \rightarrow 0) \tag{6}$$

которому соответствует расслоение, ассоциированное с (3) для политопа {3,4,3}. «Политоп» (6) не является платоновым телом в E^4. Но соотношения (6) позволяют определить его как структуру, которую задают конструкции, определенным образом связанные с решеткой E_8 [4, 14].

Заключение. Полученные результаты позволяют утверждать, что определение структурных закономерностей биополимеров и, в частности, белков возможно лишь при расширении математического базиса геометрической кристаллографии. Автором использовано расслоение Хопфа. Трактовка рассматриваемых белков как плотно упакованных структур означает необходимость применения 8-мерной решетки E_8 для отображения их симметрии. Соответствующие математические конструкции способны задать в 3-мерном пространстве систему топологически устойчивых геликоидов Госсета [3], которая определит и симметрию взаимного расположения α-спиралей. Сопоставление биополимеру определенной конструкции алгебраической геометрии позволит определять и его симметрийные трансформации, которым должны соответствовать отображения подструктур такой конструкции.

Автор выражает глубокую признательность М.И. Самойловичу за многолетний интерес к работе и А.А. Реу за помощь в оформлении статьи. Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ, проект № 09-03- 00740а, и программы ОХНМ РАН ОХ-О6.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бернал Дж. О роли геометрических факторов в структуре материи // Кристаллография. 1962. Т. 7. № 4. С. 507-519.
2. Дубровин Б.Л., Новиков С.П., Фоменко А.Т. Современная геометрия. Методы и приложения. Т. 1-3. М.: Изд-во УРСС, 2001. 268 с.
3. Самойлович М.И., Талис А.Л. Геликоиды Госсета. 8-мерная кристаллографическая решетка E_8 и определяемые ею кристаллографические, квазикристаллографические и нецелочисленные винтовые оси геликоидов // Кристаллография. 2007. Т. 52. № 4. С. 599-605.
4. Талис А.Л. Кластерная сборка 3-мерных упорядоченных тетраэдрических (тетракоординированных) структур и 2-мерная проекция 8-мерной системы векторов E_8 // Наст. сб.
5. Талис А.Л. Плотные геликоидальные упаковки шаров и закономерности строения тетраэдрических и тетракоординированных упорядоченных структур // Тр. VI Всерос. научн. школы «Математические исследования в естественных науках». Апатиты: Изд-во Геол. ин-та КНЦ РАН, 2010. С. 75-89.

6. Финкельштейн А.В., Птицын О.Б. Физика белка. М.: Кн. Дом Университет, 2005. 376 с.
7. Coxeter H.S.M. Regular polytopes. New York: Dauer, 1973. 321 p.
8. Manton N.S. Connections on discrete fibre bundles // Commun. Math. Phys. 1987. V 113. P 341-351.
9. Mosseri R., Di Vincenzo D.P., Sadoc T.F. et al. Polytope model and electronic and structural properties of amorphous semiconductors // Phys. Rev. 1985. B 32. N 6. P 3974-4000.
10. Murzin A.G., Finkelstein A.V. General architecture of the α-helices globule // J. Mol. Biol. 1988. V 204. P 749-769.
11. Nelson D.R. Order, frustration, and defects in liquids and glasses // Phys. Rev. 1983. V 28. N 10. P 5515-5535.
12. Sadoc J.F., Rivier N. Boerdijk-Coxeter helix and biological helices // Eur. Phys. J. 1999. B 12. P 309-318.
13. Sadoc J.E., Mossery R. The E_8 lattice and quasicrystals // J. Non-crystalline Solids. 1993. V 153-154. P 247-252.
14. Samoylovich M.I., Talis A.L. A foundation for the theory of symmetry of ordered nanostructures. M.: CNITI «Technomash», 2007. 198 p.

СУЛЬФОАРСЕНИДЫ Fe, Co и Ni В ЗОЛОТОРУДНЫХ ПРОЯВЛЕНИЯХ ПАНАРЕЧЕНСКОЙ ВУЛКАНО-ТЕКТОНИЧЕСКОЙ СТРУКТУРЫ

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

Панареченская вулкано-тектоническая структура (ПРВТС) включает золоторудные проявления, которые относятся к типу малосульфидных Au-Ag эпитермальных месторождений. СЗ блок структуры, где наиболее развиты минеральные формы теллуридов, рассматривается как проявление Au-Te типа [1]. В системе Au-Ag-Te в ряду эпитермальных Au-Ag месторождений отмечаются широкие вариации состава минеральных парагенезисов и отдельных минералов [1, 4]. В рудопроявлениях ПРВТС установлена обширная группа главных рудных минералов – сульфидов и сульфосолей [3]. В ней выделены две ветви сульфоарсенидов: пиритовая (герсдорфит – кобальтин) и марказитовая (арсенопирит – костибит) (рис. 1).

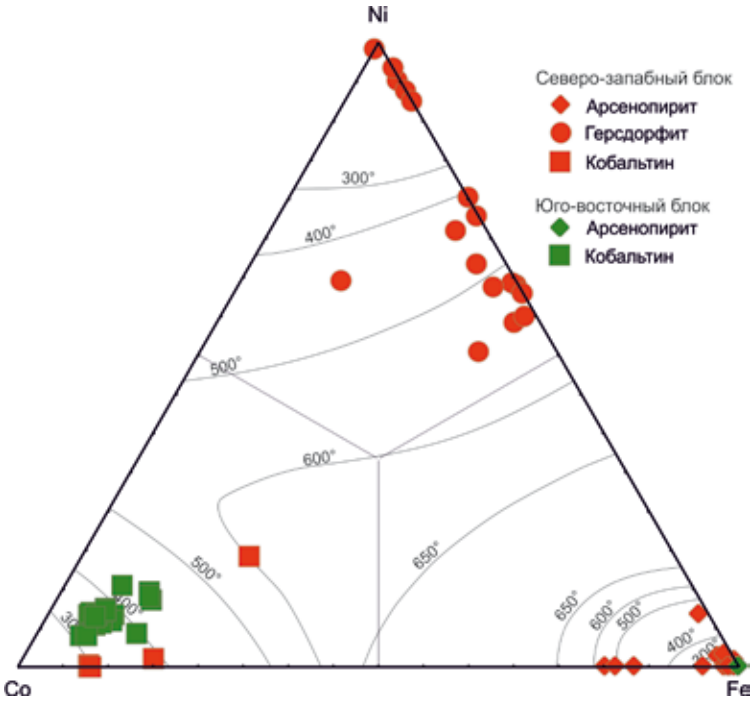


Рис. 1. Области составов кубических сульфоарсенидов, синтезированных при различных температурах [5]. Точками показаны составы природных кубических сульфоарсенидов из ПРВТС.

Данные по синтезу сульфоарсенидов Ni, Co и Fe в сухих системах [5] могут быть использованы для оценки температур образования природных минеральных ассоциаций. Возникающие в системе CoAsS – NiAsS – FeAsS до 500 ºС твердые растворы образуют два поля составов: с преобладанием Co и Ni. С повышением температуры до 650 ºС изоморфизм между Co, Ni и Fe становится более совершенным и возникает серия непрерывных твердых растворов. В Печенгском рудном поле известны богатый Co герсдорфит и Ni кобальтин.

Герсдорфит. Отмечен исключительно в пределах северо-западного блока (СЗБ). Представлен мелкими зернами неправильной формы размерами 20-100 мкм, иногда в срастаниях образует петли (рис. 2). Располагается среди зерен пирита, замещает пирротин. Встречаются мелкие включения герсдорфита в кварце, кальците и пирите. Ассоциирует с халькопиритом, сфалеритом, виоларитом, галенитом, аргентопентландитом, рутилом и апатитом.

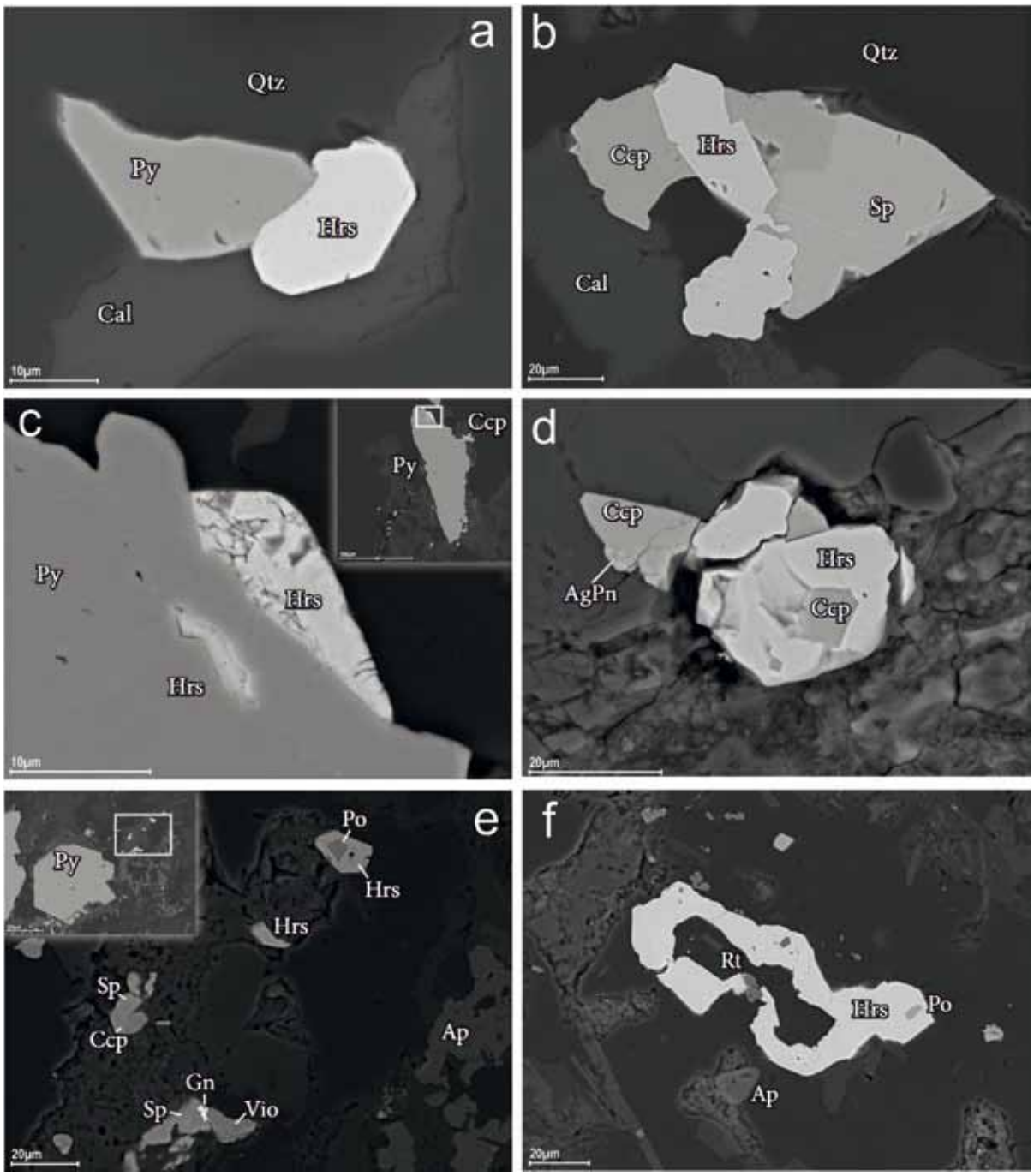


Рис. 2. Характер выделений минералов системы Fe-Ni-Co в ПРВТС (в обратно-рассеянных электронах): a – герсдорфит (Hrs) в срастании с пиритом (Py) в кальците (Cal) и кварце (Qtz); b – метасома герсдорфита (Hrs), халькопирита (Ccp) и сфалерита (Sp) в кальците (Cal) и кварце (Qtz); c – герсдорфит (Hrs) в срастании с пиритом (Py). Ccp – халькопирит; d – герсдорфит (Hrs) в срастании с халькопиритом (Ccp) и аргенопентландитом (AgPn); e – герсдорфит (Hrs) с включением пирротина (Po) в ассоциации со сфалеритом (Sp), халькопиритом (Ccp), галенитом (Gn), виоларитом (Vio) и апатитом (Ap). Py – пирит; f – герсдорфит (Hrs) с включением пирротина (Po) и рутила (Rt).

Химический состав герсдорфита близок к теоретическому – NiAsS. Содержание компонентов варьирует (мас. %): Ni 17.23-34.18, Fe 1.4-13.98, Co 0-8.56, As 39.22-46.9, S 19.6-21.35, Sb 0.61-7.05, отношение (Ni, Fe, Co) : (S, As, Sb) = 1:2 и относительно постоянно, как и отношение As : S = 1:1. Анализы удовлетворительно рассчитываются на кристаллохимическую формулу $(Ni_{0.481\text{-}0.965}Fe_{0\text{-}0.407}Co_{0\text{-}0.236})_{0.922\text{-}1.006}(As_{0.883\text{-}1.027}Sb_{0\text{-}0.098})_{1.006\text{-}1.142}S_{1.006\text{-}1.081}$. В составе герсдорфита преобладает Fe. Содержание Fe растёт с глубиной и на самых нижних отметках в составе появляется Co. Температура образования герсдорфита с примесью Co находится на уровне 450°C, железистые герсдорфиты более высокотемпературны – до 550°C. В составе

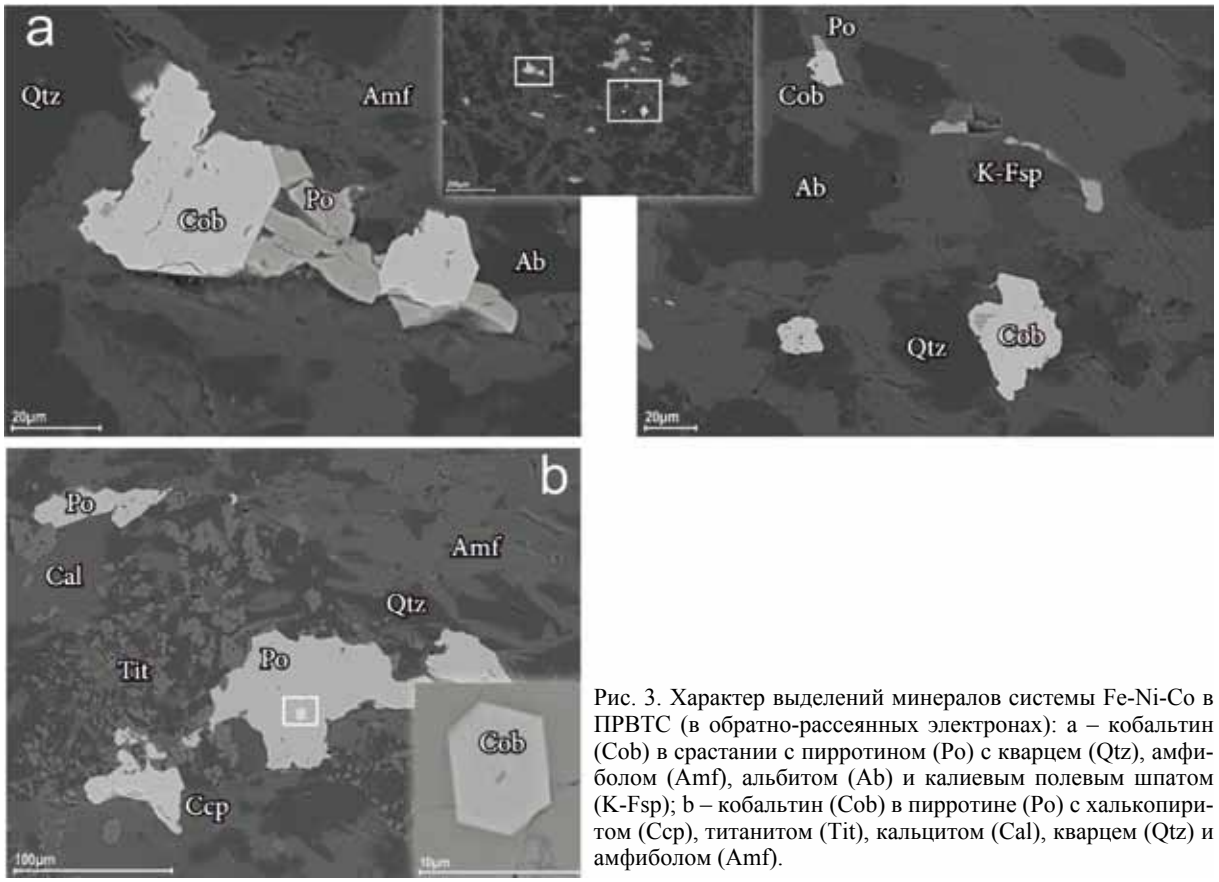


Рис. 3. Характер выделений минералов системы Fe-Ni-Co в ПРВТС (в обратно-рассеянных электронах): a – кобальтин (Cob) в срастании с пирротином (Po) с кварцем (Qtz), амфиболом (Amf), альбитом (Ab) и калиевым полевым шпатом (K-Fsp); b – кобальтин (Cob) в пирротине (Po) с халькопиритом (Ccp), титанитом (Tit), кальцитом (Cal), кварцем (Qtz) и амфиболом (Amf).

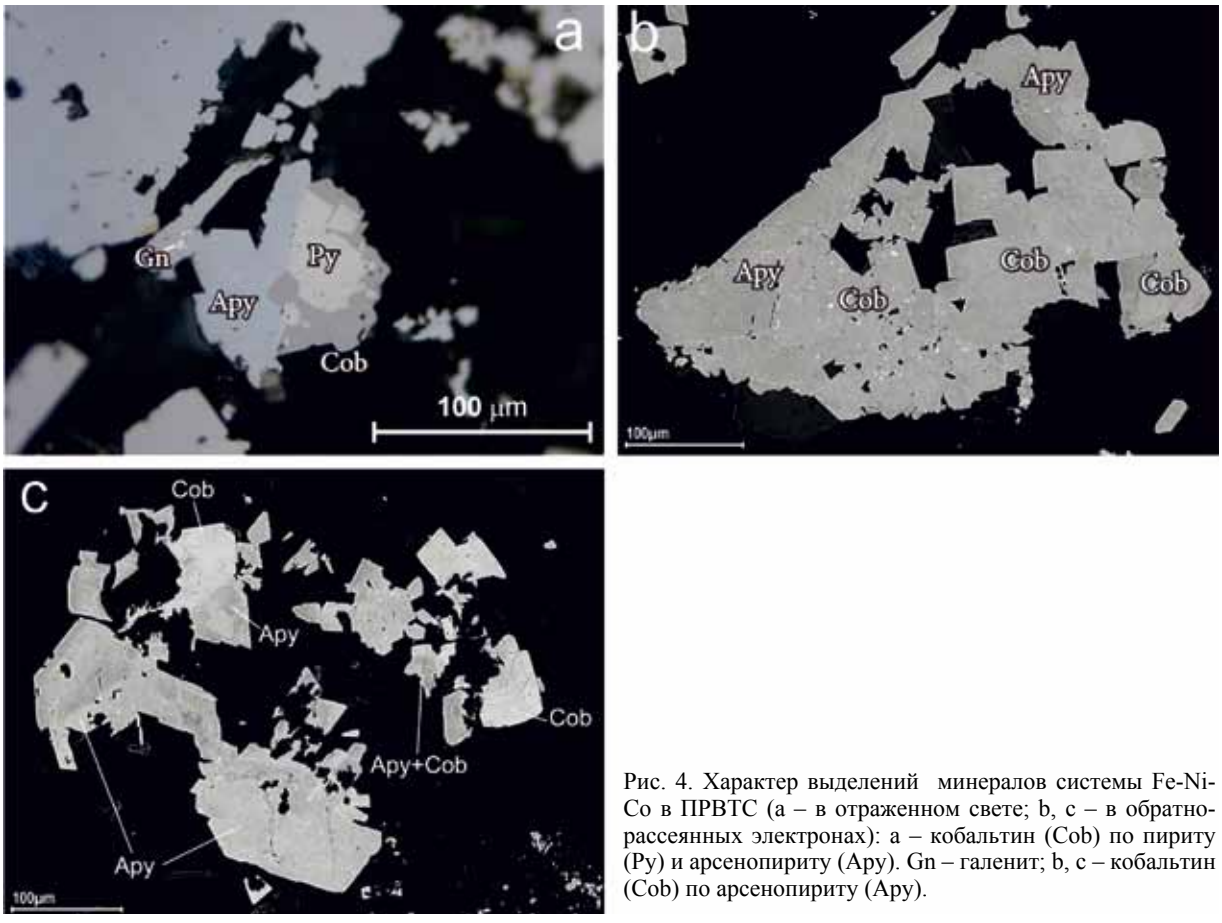


Рис. 4. Характер выделений минералов системы Fe-Ni-Co в ПРВТС (a – в отраженном свете; b, c – в обратно-рассеянных электронах): a – кобальтин (Cob) по пириту (Py) и арсенопириту (Apy). Gn – галенит; b, c – кобальтин (Cob) по арсенопириту (Apy).

минералов из верхних частей разреза отмечена Sb.

Кобальтин. Отмечен в обоих блоках структуры. В юго-восточном (ЮВБ), как правило, идиоморфен. В срезе имеет форму шестигранника (рис. 3), т.е. морфология индивидов кубооктаэдрическая. Встречаются эродированные кристаллы. Находится в виде включений и в сростках с пирротином. Ассоциирует с халькопиритом, титанитом, кальцитом, кварцем, альбитом, калиевым полевым шпатом и амфиболом.

Химический состав варьирует (мас. %): Co 25.84-31.09, Fe 1.86-4.78, Ni 1.68-4.51, As 42.89-46.46, S 18.21-20.69. Почти всегда фиксируется примесь Sb (0.16-2.05 мас. %), иногда незначительное количество Cu (до 0.02 мас. %). Кобальтин СЗБ образует тонкие агрегаты неправильной формы. Находится в тесной ассоциации с пиритом и арсенопиритом (рис. 4). Замещает пирит и замещается арсенопиритом. Находится в виде включений и в сростках с пирротином, обычно идиоморфен.

Химический состав варьирует (мас. %): Co 20.58-32.32, Fe 3.27-7.61, Ni 0.06-6.15, As 43.12-44.88, S 19.85-21.95. Кобальтин отмечается на разных уровнях разреза. Вверху отмечается постоянная примесь Cu (0.09-0.14 мас. %). С глубиной уменьшается содержание Co, растет Fe и Ni, причем Fe в составе преобладает над Ni. Температура образования кобальтинов ЮВБ до 450 °C, в СЗБ отмечены индивиды с температурой образования до 600 °C (рис. 1).

Арсенопирит. Наиболее распространенный минерал из группы сульфоарсенидов. Образовался между пиритами-1 и 2. Представлен однородными зернами до 0.2 мм, часто ромбического сечения с голубоватым оттенком, и сложными сростками, среди которых – кристаллы с хорошо выраженной зональностью по As (рис. 4). Поведение арсенопирита сходно с пиритом, повсеместно замещает сульфиды и нерудные минералы, нарастает на пирит-1. Замещается пиритом-2.

Химический состав варьирует (мас. %): Fe 27.95-35.52, Co 0-6.72, Ni 0-3.02, As 40.37-48.52, S 17.92-24.91. Из примесей отмечены: Cu 0-0.68, Cd 0-0.14, Zn 0-0.04, Te 0.04-2.18, Sb 0.07-0.89. Температура образования отдельных индивидов достигает 550 ˚C, но основная масса находится в поле до 300 °C (рис. 1). Анализы удовлетворительно рассчитываются на кристаллохимическую формулу: $(Fe_{0.816-1.002}Co_{0-0.186}Ni_{0-0.083}Cu_{0-0.017}Cd_{0-0.002}Zn_{0-0.001})_{0.800-1.066}(As_{0.834-1.068}Te_{0-0.029}Sb_{0-0.012})_{0.694-1.129}S_{0.939-1.203}$.

Общая последовательность минеральных ассоциаций: халькопирит + сфалерит + пирротин (+ галенит?) → теллуриды → пирит-1 → сульфоарсениды → пирит-2. Теллуриды и сульфоарсениды наложены на сульфидную минерализацию. S, Co и Fe периодически накапливались в минералообразующих растворах, из которых кристаллизовались герсдорфит, Fe-Co-герсдорфит, Fe-Ni-кобальтин и арсенопирит. Они образовывались обособленно и замещали более ранние сульфиды. Температура образования минералов не превышала 550 °C без образования непрерывных твердых растворов кобальтин-герсдорфит. Беспримесный кобальтин отсутствует, развиты Ni- и Fe-Ni-кобальтин. Вероятная причина этого – высокая концентрация Ni в минералообразующих растворах [2].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Волошин А.В., Чернявский А.В., Войтеховский Ю.Л. Теллуридная минерализация в золоторудных проявлениях Панареченской ВТС, Кольский п-ов // Вестник КНЦ РАН. 2012. № 1. С. 66-79.
2. Гриценко Ю.Д., Спиридонов Э.М. Сульфоарсениды и сульфоантимониды Ni, Co, Fe и крутовит метаморфогенно-гидротермальных карбонатных жил норильского рудного поля // Новые данные о минералах. М., 2006. Вып. 41. С. 46-55.
3. Чернявский А.В. Войтеховский Ю.Л., Волошин А.В. и др. Рудные минералы Панареченского эпитермального малосульфидного Au-Ag месторождения // Петрология и минерагения Кольского региона. Тр. VII Всерос. Ферсмановской научн. сессии. Апатиты, 2-5 мая 2010 г. Апатиты: Изд-во КНЦ РАН, 2010. С. 109-114.
4. Чернявский А.В., Войтеховский Ю.Л., Волошин А.В. и др. Au-Ag-Te минералы в малосульфидных эпитермальных месторождениях Кольского п-ова и С. Карелии // Всерос. (с межд. участием) научн. конф. «Золото Кольского п-ова и сопредельных регионов». Апатиты, 26-29 сент. 2010 г. Апатиты: Изд-во КНЦ РАН, 2010. С. 203-209.
5. Klemm D.D. Synthesen und analysen in den Dreiecksdiagrammen FeAsS – CoAsS – NiAsS und FeS_2 – CoS_2 – NiS_2 // Neues Jb. Mineral. Abhandl. 1965. Bd 103. Hf 3. P 205-255.

СУЛЬФИДНЫЕ МИНЕРАЛЫ ЩЁЛОЧНО-УЛЬТРАБАЗИТОВЫХ С КАРБОНАТИТАМИ МАССИВОВ КОЛЬСКОГО П-ОВА

Шпаченко А.К.

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

Сульфидная ассоциация щелочно-ультрабазитовых с карбонатитами массивов Кольской щелочной провинции изучалась А.А. Кухаренко с соавторами (1965), Ю.Л. Капустиным (1971), Э.В. Быковой (1975), А.Г. Булахом и М.Д. Евдокимовым (1975, 1982) Н.Л. Балабониным с соавторами (1981, 1982), Г.Ф. Субботиной и В.В. Субботиным с соавторами (1981, 1985, 1986, 1990) и другими исследователями. К настоящему времени в различных породах щелочно-ультрабазитовых с карбонатитами интрузий достоверно установлены и с разной степенью детальности изучены 37 минеральных видов и разновидностей минералов семейства сульфидов, включая сульфосоли, сульфид-гидроксиды, теллуриды (табл.). Сульфиды являются характерными акцессорными и второстепенными минералами для всех пород данных интрузий. Повышенное содержание сульфидов в щелочных породах характерно для Салмагорского массива, а в карбонатитах – для массивов Ковдор, Себльявр, Вуориярви, Салланлатва. С сульфидной минерализацией во многих щелочно-ультраосновных массивах генетически или парагенетически связана благороднометальная минерализация.

Сульфиды ультрабазит-щелочных с карбонатитами массивов подразделяются на две группы: в породах докарбонатитовых этапов и в фоскорит-карбонатитах (Субботина, 1986). Сквозными являются пирротин и халькопирит.

Для ультрабазитов характерна пентландит-халькопирит-пирротиновая ассоциация. Состав сульфидов отражает специфику пород, в которых Ni превышает Co. В пентландите Ni/Co = 7.53-20.85 (Ковдор), 6.7 (Салмагора), 14.3-23.4 (Лесная Варака). В оливинитах Лесной Вараки, где присутствует рассеянная минерализация самородных Cu, Pt, Fe, установлена единичная находка расвумита.

Породы ультрабазитовой серии в различной степени подверглись метасоматической переработке в ходе щелочного и карбонатитового этапов, что нашло отражение в расширении видового состава сульфидов. В них установлены редкие сульфиды K, Cu, Fe: джерфишерит, расвумит, сульфид-гидроксиды – валлериит и «Ca-валлериит», борнит. В карбонатизированных гипербазитах Ковдора в пентландитах Ni/Co = 3.03-0.63 при содержании Co = 9.93-28.36 вес. % (Субботина, 1986). Для пироксенитов Африканды при общем низком содержании сульфидов характерна борнит-халькопиритовая ассоциация.

Сульфидная ассоциация в фоидолитах малых массивов ранее изучена весьма слабо, хотя в некоторых из них отмечено локальное обогащение пирротином и халькопиритом апатитизированных и эгиринизированных ийолит-мельтейгитов Южного массива Турьего п-ова (Булах и др., 1975), ийолитов Вуориярви (Субботина, 1986). Наибольшим распространением сульфидная минерализация в фоидолитах пользуется в Салмагорском массиве, где установлена ранняя халькопирит-пирротиновая ассоциация в мелкозернистых ийолит-мельтейгитах и поздняя халькопирит-пирротиновая с Co-пентландитом в перекристаллизованных ийолит-мельтейгитах. В последней отмечается локальное увеличение видового разнообразия сульфидов. Кроме пирротина гексагонального в них установлены пирротин моноклинный, кубанит, джерфишерит, маккинавит, галенит, сфалерит, зигенит, алтаит.

В сульфидной ассоциации Салмагорского массива минералов благородных металлов не обнаружено. Установлено изоморфное вхождение Rh в моноклинный пирротин до 0.05 мас. %, Ag в кобальтпентландит до 0.1 мас. %, халькопирит до 0.09 мас. % и галенит 0.12-0.18 мас. %. В ийолите Ковдорского массива в халькопирит-пирротиновой ассоциации установлен аргентопентландит. В сосуществующем с ним халькопирите установлено 0.10-0.25 мас. % Ag и 0.15 мас. % Pd.

В карбонатитах (включая фоскориты) ведущей ассоциацией является пентландит-халькопирит-пирротиновая. Co преобладает над Ni, что отражается в составе сульфидов: пентландит представлен Co разновидностью, пирротин содержит постоянную примесь Co (среднее, мас. %): 0.116 Ковдор, 0.093 Вуориярви, 0.25 Себльявр, 0.19 Салланлатва. Примесь Ni в пирротине на порядок ниже: 0.024 Ковдор, 0.007 Вуориярви, 0.024 Себльявр, 0.05 Салланлатва.

В ковдорских фоскорит-карбонатитах проявлена смена сульфидов от ранних к поздним с увеличением общего содержания Co, Cu и т.д. При этом Cu-содержащие сульфиды в большей степени, чем другие, концентрируют благородные металлы. Главной формой существования благородных металлов здесь являются их собственные минеральные фазы. По данным количественного спектрального анализа, среднее

содержание Ag в пирротине в пределах 0.0006-0.003 мас. %, в халькопирите 0.013, кубаните 0.028, пирите 0.004 (Быкова, 1975). В пиритах из карбонатитов Себлъявра содержание Ag < 10 г/т (Субботина, 1986).

Таблица. Минералы класса сульфидов в щелочно-ультраосновных с карбонатитами массивах Кольского п-ова.

Минералы	Ковдор			Вуориярви		Себльявр		Турий п-ов			Салланлатва		Салма гора			Озерная Варака			Африканда		Лесная Варака		
	Г	Щ	К	Щ	К	Г	К	Ф	Щ	К	Щ	К	Г	Щ	К	Г	Щ	К	Ф	Г	Г	Щ	К
Пирротин гекс.	+	+	+	±	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	±	+	+	+	+	+	+	+
Пирротин мон.	+	+	+		+		+	+						+									
Троилит	+							+	+					+									
Халькопирит		+	+	±	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	±	+	+	+	+	+		
Кубанит			+				+		+					+									
Борнит			+		+		+	+					+				+			+			
Пентландит	+	+											+								+		
Со-пентландит			+		+		+	+	+			+		+									
Ag-пентландит		+	+																				
Акантит			±																				
Миллерит					+												+				+		
Пирит	+	+	+		+	+	+	+	+		+	+	+	+	+		+	+	+		+	+	
Смайтит								+	+														
Марказит			+		+		+	+				+		+							+		
Молибденит			+		+		+	+				+											
Галенит			+		+		+	+				+		+									
Сфалерит			+		+		+	+				+		+									
Хоулиит			±																				
Джерфишерит	+		+					+	+			+	+	+									
Расвумит																					±		
Валлериит	+		+			+																	
«Са-валлериит»													+										
Маккинавит	+						+																
Со-маккинавит			+					+	+				+	+									
Дигенит																					+		
Халькозин			+										±								+		
Ковеллин			+		+		+	+					+				+		+		+		
Зигенит			+		+									+									
Линнеит																							
Виоларит			±		+																		
Тетраэдрит					+							+											
Бурнонит					+																		
Джемсонит					+																		
Буланжерит					+																		
Виттихенит			±																				
Алтаит														+									
Гессит					+																		
Всего по породам	7	6	21	2	19	2	13	14	9	2	3	10	11	14	3	2	6	3	4	3	10	2	1
Всего по массивам	24			19		15		15			10		19			6			5		10		

Примечания. Состав сульфидной ассоциации приводится по следующим данным. Ковдор: А.А. Кухаренко и др. (1965); Ю.Л. Капустин (1971); Э.В. Быкова, Г.А. Ильинский (1975 ф); Н.Л. Балабонин и др. (19801, 19802); Г.Ф. Субботина и др. (1981); Г.Ф. Субботина (1986); Шпаченко и др. (2010); Вуориярви: Ю.Л. Капустин (1971); Г.Ф. Субботина (1986); А.К. Шпаченко, Е.Э. Савченко (2004); Себлъявр: Ю.Л. Капустин (1971); В.В. Субботин, Г.Ф. Субботина (1985); Г.Ф. Субботина (1986); Сорохтина (2000); массивы Турьего п-ова: Ю.Л. Капустин (1971); А.Г. Булах и др. (1975); М.Д. Евдокимов (1982); Салланлатва: Ю.Л. Капустин (1971); Г.Ф. Субботина, В.В. Субботин (1990); Е.В. Путинцева, А.К. Шпаченко, Б.В. Гавриленко и др. (1999 ф); Салмагора: A.Y. Barkov et al. (1997); A.N. Korobeinikov et al. (1998); Е.В. Путинцева и др. (1999 ф), А.К. Шпаченко, Е.Э. Савченко (2004); Озерная Варака: А.А. Кухаренко и др. (1965); данные автора; Африканда: П.Н. Чирвинский и др. (1939); А.А. Кухаренко и др. (1965); данные автора; Лесная Варака: А.К. Шпаченко и др. (1995), данные автора. В список по Ковдорскому массиву не включены минералы из работ: Н.С. Рудашевский и др. (1995), В.В. Иваников и др. (1996), Е.В. Путинцева и др. (1999). В список минералов включены сульфосоли, сульфид-гидроксиды и теллуриды. Ф – фениты, Г – гипербазиты (оливиниты, пироксениты, включая измененные), Щ – щелочные породы: ийолиты, мельтейгиты, сиениты, К – карбонатиты, включая фоскориты, ± минералы изучены недостаточно полно.

Е.В. Путинцевой (1999 ф) в редкометальной руде Ковдорского массива в ассоциации с борнитом, халькопиритом и зигенитом установлены хоуилиит CdS и виттихенит Cu_3BiS_3. Теллуриды Ag, а также минералы Bi в числе большого списка минералов Pt, Pd, Au установлены в сульфидном продукте Ковдорского ГОКа (Рудашевский и др., 1995). В коренных породах фоскоритового комплекса (Восточный сателлит) установлен аргентопентландит. В ассоциирующих с ним халькопирите и пирротине установлена микропримесь Pd (мас. %) 0.012 и 0.08. В нефелинизированных пироксенитах и апатит-форстерит-магнетитовых породах обнаружена рассеянная ЭПГ и Au-Ag минерализация мончеита, гессита, петцита, аргентопентландита, Ag, акантита и фазы AgPd(Te, Sb) (Коноплёва и др., 2010).

Для поздних доломитовых карбонатитов характерна молибденит-галенит-сфалерит-халькопирит-пиритовая ассоциация (Субботина, 1986). В анкерит-доломитовых карбонатитах Вуориярви установлены сульфосоли Cu, Pb и Fe: тетраэдрит, бурнонит, джемсонит и буланжерит, а Салланлатвы – тетраэдрит (Капустин, 1971). В галените из карбонатитов Салланлатвы установлено Ag (мас. %) до 0.22, Ковдора 0.01 (Путинцева и др., 1999ф), Вуориярви 0.029 (Капустин, 1971). Содержание Bi в галените Вуориярви составляет 0.75 % (Капустин, 1971). По нашим данным, в галените из карбонатитов Салланлатвы содержание Bi 0.70-0.87 мас. %. В измененных актинолит-кальцитовых карбонатитах Вуориярви в галените установлен гессит.

Таким образом, для сульфидной ассоциации поздних карбонатитов, типоморфным минералом которых является галенит, концентраторами Ag оказываются соединения Te (возможно, также Bi) и галенит. Пирит в переменном количестве присутствует во всех типах пород, наибольшим распространением пользуется в фоскорит-карбонатитовой серии и поздних доломитовых карбонатитах.

Заключение. Цель анализа заключалась в том, чтобы обобщить данные по сульфидам в щёлочно-ультраосновных массивах с карбонатитами, полученные за 70 лет их изучения, и оценить их с точки зрения перспектив благороднометалльной минерализации. По имеющимся данным, для щелочно-ультраосновных с карбонатитами массивов Кольского п-ова характерна сидерофильная сульфидная минерализация с резким преобладанием сульфидов Fe. Минералы благородных металлов достоверно установлены в породах Ковдора, Вуориярви и Лесной Вараки. Благородные металлы входят также в состав некоторых сульфидов в качестве примесей, а также образуют собственные минералы: сульфиды – аргентопентландит, акантит; теллуриды – петцит, гессит; висмутотеллуриды – мончеит, стибиотеллуриды – $Ag_{1.1}Pd_{1.0}(Te_{0.6}Sb_{0.4})_{1.0}$.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Балабонин Н.Л., Волошин А.В., Пахомовский Я.А. Редкие сульфиды в породах Ковдорского массива // Минеральные комплексы и минералы Кольского п-ова. Апатиты: Изд-во КФ АН СССР, 1980. С. 88-92.
2. Булах А.Г., Евдокимов М.Д., Рудашевский Н.С. Особенности распределения Ni и Co в ультраосновных щелочных горных породах и карбонатитах Турьего п-ова, Мурманская обл. // Геохимия. 1975. № 5. С. 733-739.
3. Быкова Э.В., Ильинский Г.А. Отчет по теме: Вещественный состав и минералогические особенности магнетитового оруденения в оливинитах и метасоматитах массивов Ковдор, Африканда, Лесная Варака, Вуориярви, Себльяврский, Турьего п-ова. Л.: Фонды СЗ ТГУ, 1975. 250 с.
4. Евдокимов М.Д. Фениты Турьинского щелочного комплекса Кольского п-ова. Л.: Изд-во ЛГУ, 1982. 247 с.
5. Иваников В.В., Краснова Н.И., Филиппов Н.Б. и др. О проявлении платинометальной минерализации палаборского типа в карбонатитовых массивах Кольского п-ова // Докл. АН. 1996. Т. 351. № 5. С. 659-661.
6. Капустин Ю.Л. Минералогия карбонатитов. М.: Наука, 1971. 288 с.
7. Коноплёва Н.Г., Пахомовский Я.А., Базай А.В. и др. Рассеянная благороднометальная минерализация Ковдорского массива // Геология и полезные ископаемые Кольского п-ова. Тр. VII Всерос. Ферсмановской науч. сессии. Апатиты, 2-5 мая 2010 г. Апатиты: Изд-во K & M, 2010. С. 57-59.
8. Кухаренко А.А., Орлова М.П., Булах А.Г. и др. Каледонский комплекс ультраосновных, щелочных пород и карбонатитов Кольского п-ова и Сев. Карелии. М.: Недра, 1965. 772 с.
9. Путинцева Е.В., Шпаченко А.К., Гавриленко Б.В. и др. Отчет о научно-исследовательской работе: Оценка перспектив благороднометальной минерализации щелочных и базитовых интрузивных комплексов Кольского региона. Апатиты, СПб.: Геол. ин-т КНЦ РАН, ГСФ «Минерал», 1999 ф.
10. Рудашевский Н.С., Кнауф В.В., Краснова Н.И. и др. Платинометалльная и Au-Ag минерализация в рудах и карбонатитах щелочно-ультраосновного массива (Ковдорский массив, Россия) // Зап. ВМО. 1995. № 5. С. 1-15.
11. Сорохтина Н.В. Минералогия карбонатитов в зонах контакта с ультраосновными, щелочными породами и фенитами Себлъявpского массива. Автореф. дис. к.-г.м.н. Апатиты, 2000. 16 с.

12. Субботин В.В., Субботина Г.Ф. О генезисе одного из рудных тел Ковдоского железорудного месторождения // Структурный контроль оруденения в магматических и метаморфических комплекасх Кольского п-ова. Апатиты: Изд-во КФ АН СССР, 1985. С. 60-69.
13. Субботина Г.Ф. Сульфидная минерализация щелочно-ультраосновных массивов с карбонатитами // Месторождения неметаллического сырья Кольского п-ова. Апатиты: Изд-во КФ АН СССР, 1986. С. 43-51.
14. Субботина Г.Ф., Субботин В.В. Минеральные парагенезисы карбонатитов массива Салланлатва // Новое в минералогии Карело-Кольского региона. Петрозаводск: Изд-во КарНЦ АН СССР, 1990. С. 161-174.
15. Субботина Г.Ф., Субботин В.В., Пахомовский Я.А. Некоторые особенности сульфидной минерализации апатит-магнетитовых руд и карбонатитов Ковдорского месторождения // Вещественный состав щелочных интрузивных комплексов Кольского п-ова. Апатиты: Изд-во КФ АН СССР, 1981. С. 88-95.
16. Чирвинский П.Н. Массив ультраосновных пород у станции Африканда на Кольском п-ове // Тр. Кольской базы АН СССР. Вып. 5. Кировск, 1939. С. 31-40.
17. Шпаченко А.К., Войтеховский Ю.Л., Савченко Е.Э. Самородная Cu с высоким содержанием Pt в оливинитах массива Лесная Варака // Зап. ВМО. 1995. № 2. С. 61-64.
18. Шпаченко А.К., Савченко Е.Э. Минералы Te и Bi в карбонатитах и щелочных породах Кольской щелочной провинции // Геология и минеральные ресурсы Европейского СВ России. Т. II. Геологическое строение, геодинамика. Магматизм и метаморфизм. Твердые полезные ископаемые. Рудные и нерудные полезные ископаемые. Матер. XIV Геол. съезда Респ. Коми. Сыктывкар, 13-16 апр. 2004 г. Сыктывкар: Изд-во Геопринт, 2004. С. 244-246.
19. Шпаченко А.К., Нерадовский Ю.Н., Савченко Е.Э. Аргентопентландит Ковдорского массива // Геология и полезные ископаемые Кольского п-ова. Тр. VII Всерос. Ферсмановской научн. сессии. Апатиты, 2-5 мая 2010 г. Апатиты: Изд-во K & M, 2010. С. 115-118.
20. Barkov A.Y., Laajoki K.V.O., Gehor S.A. et al. Chlorine-poor analogues of djerfisherite-talfenisite from Noril'sk, Siberia and Salmagorsky, Kola Peninsula, Russia // Canad. Miner. 1997. V 35. P 1421-1430.
21. Korobeinikov A.N., Mitrofanov F.P., Gehor S.A. et. al. Geology and copper sulfide mineralization of the Salmagorskii ring igneous complex, Kola Peninsula, NW Russia // J. Petrol. 1998. V 39. N 11-12. P 2033-2041.

ПОЛЕЖАЕВАИТ-(Ce) И СТРОНЦИОФЛЮОРИТ – НОВЫЕ ФТОРИДЫ Sr И REE ИЗ ПЕГМАТИТА В ФОИДОЛИТАХ г. КОАШВА

Яковенчук В.Н., Селиванова Е.А., Пахомовский Я.А., Михайлова Ю.А., Иванюк Г.Ю.
ГИ КНЦ РАН, ЦНМ КНЦ РАН, Апатиты, yakovenchuk@ksc.ru

Крупнейший в мире щелочной Хибинский массив с гигантскими месторождениями апатита является мировым лидером по числу открытых минералов. Проведенное нами детальное изучение минерально-химической зональности массива [1, 2, 6] позволило установить основные закономерности локализации в нём редких минералов ([3], статья Г.Ю. Иванюка и др. в наст. сб.). Ввиду наметившегося мирового кризиса в отношении редкоземельных металлов, к участкам с повышенным содержанием известных и новых минералов REE возникает особый интерес. В связи с этим, открытие нами в 2010 г. двух новых фторидов $NaSrREEF_6$ полежаеваит-(Ce) [4] и $(Sr,Ca,Ce)F_2$ стронциофлюорит [5], завершающих процесс их концентрирования в ходе эволюции Хибинского массива, позволяет еще раз обратить внимание на его перспективы в отношении REE.

Оба рассматриваемых минерала установлены в крупном (около 3 м в диаметре) пегматитовом теле в апатитсодержащих уртитах г. Коашва, изначально содалито-микроклино-эгириновом, но интенсивно натролитизированном в ходе гидротермальной переработки. Тело имеет неясно выраженную концентрическую зональность. Его краевая часть (до 50 см толщиной) сложена крупными (до 20 см в диаметре) кристаллами микроклина и радиально-лучистыми агрегатами эгирина, «сцементированными» плотным мелкозернистым содалитом. Кроме перечисленных минералов здесь присутствуют титанит, арфведсонит и эвдиалит, частично замещенный катаплеитом, образующие местами значительные скопления, а также более редкие лампрофиллит и лоренценит, частично замещенный виноградовитом.

Центральная зона тела (около 2 м в диаметре) сложена пористым агрегатом натролита с реликтовыми желваками содалита (до 15 см) и сферолитами волокнистого эгирина (до 20 см в диаметре). Среди хорошо образованных кристаллов натролита (до 15 см в длину), переполненных игольчатыми включениями астро-

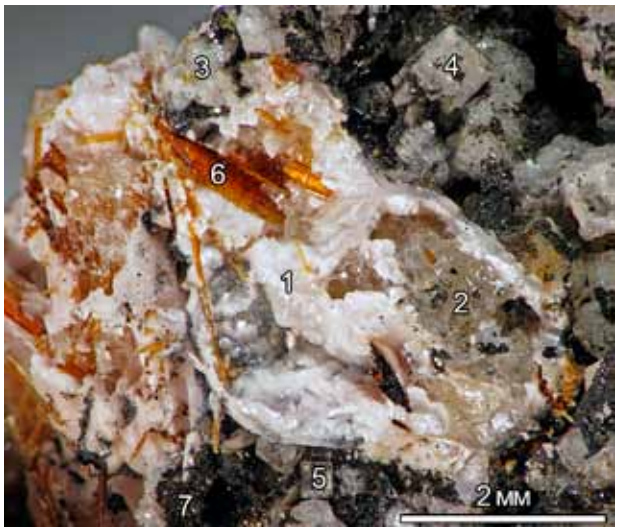


Рис. 1. Волокнистые оторочки полежаеваита-(Ce) и стронциофлюорита (1) вокруг частично выщелоченных кристаллов бурбанкита (2) из натролитизированного содалито-микроклино-эгиринового пегматита в апатитсодержащих уртитах г. Коашва. 3 – натролит, 4 – фторапатит, 5 – лейкофанит, 6 – астрофиллит, 7 – хлорбартонит.

филлита, эгирина, пектолита и виноградовита (до 2 см в длину), а также мелкими (до 0.3 мм в диаметре) «шариками» лукасита-(Ce), встречаются пластинки лейкофанита, тайниолита (до 1 см в диаметре) и орикита (до 1.5 мм), хорошо образованные изометричные кристаллы эльпасолита (до 2 мм в диаметре) и хлорбартонита (до 15 мм), колломорфные агрегаты пирохлора (до 4 мм в диаметре), тонкозернистые сегрегации и (длинно)призматические кристаллы фторапатита (до 2 мм в длину), а также частично растворенные призматические кристаллы бурбанкита (до 2 см в длину), частично или полностью замещенные аграгатом полежаеваита-(Ce) и стронциофлюорита (рис. 1). В число наиболее поздних минералов входят альбит, образующий щетки мелких (до 1 мм) кристаллов на натролите, флюорит и бурбанкит второй генерации, покрывающие в виде корок стронциофлюорит-полежаеваитовые агрегаты, виллиомит, заполняющий пустоты в агрегате перечисленных минералов, а также твердые органические вещества, которые образуют сферические глобулы (до 2 мм в диаметре), переполненные мельчайшими включениями торианита.

Стронциофлюорит-полежаеваитовые агрегаты сложены пористыми сноповидными и радиально-лучистыми сростками волокнистых индивидов полежаеваита-(Ce) $(Na_{0.82}Ca_{0.18})_{\Sigma 1.00}(Sr_{1.21}Ce_{0.36}La_{0.30}Ca_{0.09}Nd_{0.08}Ba_{0.01})_{\Sigma 2.06}F_6$ (рис. 2), местами сцементированными зернистыми массами и отдельными хорошо образованными кубооктаэдрическими кристаллами стронциофлюорита $(Sr_{0.56}Ca_{0.27}Na_{0.09}Ba_{0.06}Ce_{0.02}La_{0.02}Nd_{0.01})_{\Sigma 1.03}F_2$ (рис. 3). Их образование может быть представлено в виде следующей реакции:

$$Na_3(Sr_{1-x}Ca_x)_2Ce(CO_3)_5 + 10(HF)_{aq} = NaSrCeF_6 + (1-x)SrF_2 + xCaF_2 + 2NaF + 5(CO_2)_{aq} + 5H_2O \quad ,$$

бурбанкит — полежаеваит, стронцио-флюорит, флюорит, виллиомит

продукты которой даны в порядке их кристаллизации. Иногда в дополнение к перечисленным фазам появляется существенно обогащенный REE бурбанкит второй генерации, кристаллизующийся за флюоритом в результате реакции оставшихся катионов Na, Sr и REE с CO_2 после исчерпания HF.

Участки преимущественной локализации полежаеваита-(Ce) и других редкоземельных минералов корреспондируются с зонами развития фторапатита с минимальным содержанием REE (рис. 4). Это означает, что формирование редких и эндемичных редкоземельных минералов обусловлено самоочищением фторапатита – основного концентратора REE в Хибинском массиве – от микропримесей (статьи Г.Ю. Иванюка и др. и Н.Г. Коноплёвой и др. в наст. сб.). Последнее обстоятельство накладывает ограничения на перспективы использования фторапатита крупных разрабатываемых месторождений (Кукисвумчорр, Юкспорр, Расвумчорр, Коашва) для извлечения редкоземельных металлов, но повышает промышленную значимость мелких апатитовых месторождений и рудопроявлений (Партомчорр, Пик Марченко и др.), а также участков локализации пегматито-гидротермальных жил с REE-минералами (лопаритом-(Ce), ринкитом, сазыкинаитом-(Y), бритолитом-(Ce), диверсилитом-(Ce), тундритом-(Ce), беловитом-

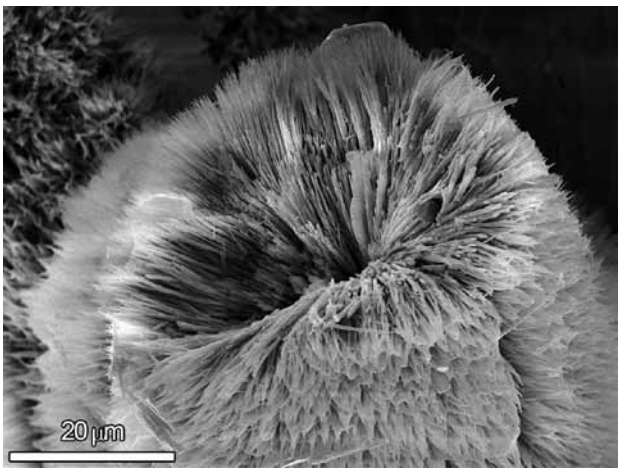


Рис. 2. РЭМ изображение радиально-лучистого агрегата тонковолокнистого полежаеваита-(Ce) из натролитизированного содалито-микроклино-эгиринового пегматита в апатитсодержащих уртитах г. Коашва.

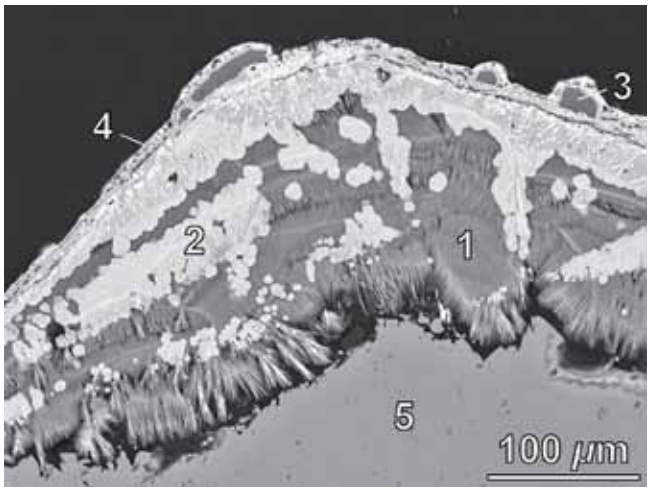


Рис. 3. Изображение в обратно-рассеянных электронах волокнистых агрегатов полежаевaита-(Ce) (1), сцементированных стронциофлюоритом (2) и покрытых корочкой флюорита (3) и бурбанкита-II (4), которые замещают кристалл бурбанкита-I (5) в натролитизированном содалито-микроклино-эгириновом пегматите в апатитсодержащих уртитах г. Коашва.

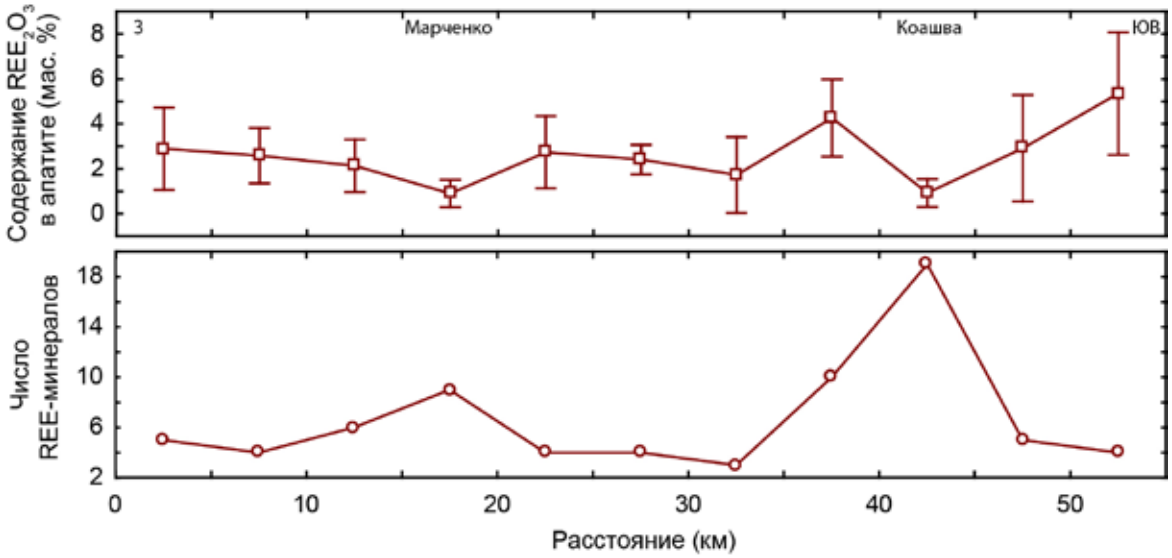


Рис. 4. Содержание REE в апатите вдоль профиля от западного контакта Хибинского массива с метавулканитами зоны Имандра-Варзуга через апатитовое рудопроявление Пик Марченко и месторождение Коашва к ЮВ контакту массива с архейскими гранито-гнейсами и число различных REE-минералов, установленных на соответствующих отрезках профиля.

(Ce, La), фторкафитом, бурбанкитом, анкилитом-(Ce, La) и др.) в пределах или вблизи наиболее крупных месторождений.

Исследования проводились в рамках проекта 1.2.4 Программы РАН № 27 «Фундаментальный базис инновационных технологий прогноза, оценки, добычи и глубокой комплексной переработки стратегического минерального сырья, необходимого для модернизации экономики России».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Иванюк Г.Ю., 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.
2. Ivanyuk G., Yakovenchuk V., Pakhomovsky Ya. et al. Self-organization of the Khibiny alkaline massif, Kola Peninsula, Russia // Ed. Imran Ahmad Dar. Earth Sciences. INTECH, 2012. P. 131-156.
3. Ivanyuk G.Yu., Yakovenchuk V.N., Pakhomovsky Ya.A. Where are new minerals hiding? The main features of rare mineral localization within alkaline massifs // Ed. S.V. Krivovichev. Minerals as advanced materials II. Berlin-Heidelberg: Springer-Verlag, 2011. P. 13-24.
4. Yakovenchuk V.N., Selivanova E.A., Ivanyuk G.Yu. et al. Polezhaevaite-(Ce), NaSrCeF6, a new mineral from the Khibiny massif, Kola Peninsula, Russia // Amer. Miner. 2010. V 95. N 7. P 1080-1083.
5. Yakovenchuk V.N., Selivanova E.A., Ivanyuk G.Yu. et al. Strontiofluorite, SrF2, a new mineral species from the Khibiny massif, Kola peninsula, Russia // Canad. Miner. 2010. V 48. P 1017-1022.
6. Yakovenchuk V.N., Ivanyuk G.Yu., Pakhomovsky Ya.A. et al. Khibiny. Apatity: Laplandia minerals, 2005. 468 p.

Технологическая и техническая минералогия

ВЛИЯНИЕ МИНЕРАЛЬНОГО СОСТАВА ЗОЛООТХОДОВ НА ИХ ЗЕРНОВОЙ СОСТАВ, ДИСПЕРСНОСТЬ И ПЛОТНОСТЬ

Белогурова Т.П.[1], Крашенинников О.Н.[1], Нерадовский Ю.Н.[2]

[1] ИХТРЭМС КНЦ РАН, [2] ГИ КНЦ РАН, Апатиты, krash@chemy.kolasc.net.ru

Основным направлением утилизации дисперсных техногенных продуктов является использование золоотходов в строительной индустрии, в частности, для производства бетонов. В лаборатории бетонов ИХТРЭМС КНЦ РАН проведены исследования технологических проб золоотходов, полученных при сжигании углей в виде водоугольного топлива (ВУТ) в опытных котельных г. Новосибирска (НВ) и пос. Енский (ЕН). Результаты исследований сопоставлялись с золоотходами Апатитской ТЭЦ (АТ) от сжигания угля по традиционной технологии. В качестве исходного топлива для приготовления ВУТ и сжигания в котельных г. Новосибирска и пос. Енский использовался каменный уголь Кузнецкого бассейна, для сжигания на Апатитской ТЭЦ – Печорского бассейна. В таблице 1 дан химический состав золоотходов.

Таблица 1. Химический состав золоотходов.

Проба	Содержание, мас. %											
	SiO_2	CaO	MgO	Fe_2O_3	TiO_2	Na_2O	K_2O	P_2O_5	SO_3	C	Al_2O_3	п.п.п.
АТ	55.15	2.94	2.71	10.32	1.29	2.18	0.22	0.23	1.00	1.55	13.02	3.52
ЕН	38.67	2.51	1.02	12.70	1.74	1.91	0.17	0.57	6.77	8.94	13.77	8.45
НБ	52.26	3.22	2.33	8.08	0.81	2.02	0.25	0.34	1.72	7.35	15.20	3.29

Все золы относятся к кислому типу, но имеются существенные различия. По содержанию SiO_2 золоотходы от сжигания ВУТ Новосибирска наиболее приближаются к золоотходам Апатитской ТЭЦ. В них присутствует максимальное количество Al_2O_3 и CaO, оказывающих основное влияние на технологические свойства. Состав золоотходов от сжигания ВУТ пос. Енский выделяется повышенным содержанием Fe_2O_3 и С. Содержание стеклофазы в золоотходах, %: АТ 70.75; ЕН 64.10; НВ 72.25.

Минералогическим анализом золоотходов из различного угля и по разным технологиям сжигания выделены основные минеральные фазы: сплошной и пористый графит, силикатное стекло, спек, оксиды Fe, обломки силикатных минералов. При этом на Апатитской ТЭЦ при сжигании угля в пылевидном состоянии образуются золоотходы с наиболее полным сгоранием углерода, низким содержанием оксидов Fe, переходом остатка в силикатные шлаки. Золоотходы от сжигания ВУТ характеризуются большим количеством рыхлого углеродистого остатка и рыхлых спеков, низким содержанием оплавленного шлака, высоким содержанием оксидов Fe, что и определяет свойства золоотходов.

Таблица 2. Зерновой состав золоотходов.

Частный остаток золоотходов на сите, %	Фракция, мм				
	1.25	0.63	0.315	0.14	< 0.14
АТ	–	3.80	3.20	7.20	85.80
ЕН	–	0.40	3.04	13.60	82.96
НВ	–	0.47	1.90	6.19	91.44

Как видно из данных по зерновому составу (табл. 2), золоотходы представлены преимущественно зольной частью: содержание фракций менее 0.315 мм составляет от 93.0 % у золоотходов Апатитской ТЭЦ и до 97.6 % у золоотходов от сжигания ВУТ в г. Новосибирске. В золоотходах Апатитской ТЭЦ частный остаток на сите 0.63 мм составляет 3.8 %, в то время как в золоотходах от сжигания ВУТ он не превышает 0.5 %, что указывает на их более тонкодисперсный состав. На рисунке 1 показана крупность частиц различных золоотходов.

С помощью лазерного дифракционного анализатора SALD-201V изучено распределение частиц золоотходов по размерам. Из рисунка 2 видно, что золоотходы Апатитской ТЭЦ значительно отличаются от золоотходов от сжигания ВУТ. Размер частиц этих золоотходов находится в достаточно узкой области 250-380 мкм; 75 % частиц имеют размер < 260 мкм. Золоотходы от сжигания ВУТ гораздо мельче, их размер в пределах 10-100 мкм. При этом у золоотходов пос. Енский 75 % частиц имеют размер < 70 мкм, а у золоотходов г. Новосибирска около 80 % частиц имеют размер < 45 мкм. Таким образом, золоотходы Апатитской ТЭЦ относятся к группе крупных, енские – средних, новосибирские – мелких.

Рис. 1. Микрофотографии частиц золоотходов: а – АТ; б – ЕН; в – НВ.

В таблице 3 даны некоторые качественные показатели золоотходов. Они показывают, что золоотходы Апатитской ТЭЦ относятся к среднедисперсным, а золоотходы от сжигания ВУТ в пос. Енский и г. Новосибирске – к тонкодисперсным, причем енская зола по удельной поверхности в 2 раза превосходит новосибирскую, что объясняется её структурными особенностями.

На рисунке 3 даны фотографии микроструктуры трех видов золоотходов, выполненные с полированных шлифов. Золоотходы от сжигания ВУТ из пос. Енский отличаются неоднородным составом и наличием пористых включений (рис. 3 б).

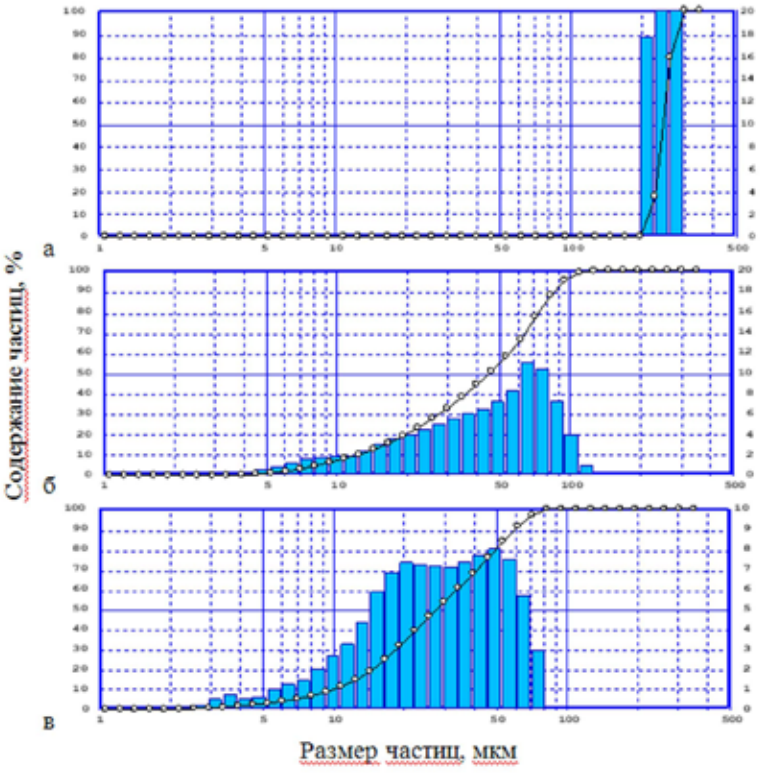


Рис. 2. Распределение частиц золоотходов по размерам, анализатор SALD-201V: а – 1-АТ; б – 2-ЕН; в – 3-НВ.

Дисперсность золоотходов, оцениваемая по удельной поверхности, зависит от целого ряда природных и технологических факторов. В первую очередь, это качество топлива и его минеральный состав. Подготовка сырья, тонкость измельчения пылевидного топлива и температура сжигания также влияют на дисперсность золоотходов. Золоотходы от сжигания угля в виде ВУТ являются более дисперсными, а золоотходы Апатитской ТЭЦ, получаемые при более высокой температуре обжига, имеют минимальную удельную поверхность и наибольшую насыпную плотность.

Эти же факторы влияют и на такие свойства золоотходов, как истинная и средняя плотности. Для различных фракций золоотходов эти свойства могут изменяться в широких пределах, что объясняется химико-минералогическим составом и формой частиц. Круп-

ные фракции имеют повышенное содержание $A1_2O_3$. Плотность частиц уменьшается с возрастанием содержания коксовых частиц. Насыпная плотность золоотходов Апатитской ТЭЦ 930 кг/м^3, золоотходов от сжигания ВУТ в пос. Енский и г. Новосибирске 220 и 530 кг/м^3. Золоотходы Апатитской ТЭЦ относятся к среднеплотным, от сжигания ВУТ – к легким. Истинная плотность золоотходов 2.30-2.62 г/см^3, наибольшее значение – у золоотходов пос. Енский.

Таблица 3. Качественные показатели золоотходов.

Показатели	АТ	ЕН	НВ
Удельная поверхность на ПСХ-8А, м^2/кг	260	1040	500
Остаток на сите №008, %	18.6	13.0	12.0
Насыпная плотность, кг/м^3	930	220	530
Истинная плотность, г/см^3	2.33	2.62	2.30

Микропористость частиц золоотходов играет определяющую роль в их физико-механических свойствах и требует дополнительного изучения. В отличие от молотого кварцевого песка, удельная поверхность золоотходов, определенная на приборе ПСХ-8А, не тождественна истинной поверхности. Причина этого – микропористость частиц золоотходов, от которой во многом зависят плотность, водопоглощение, адсорбционная способность, гигроскопичность, гидравлическая активность и др.

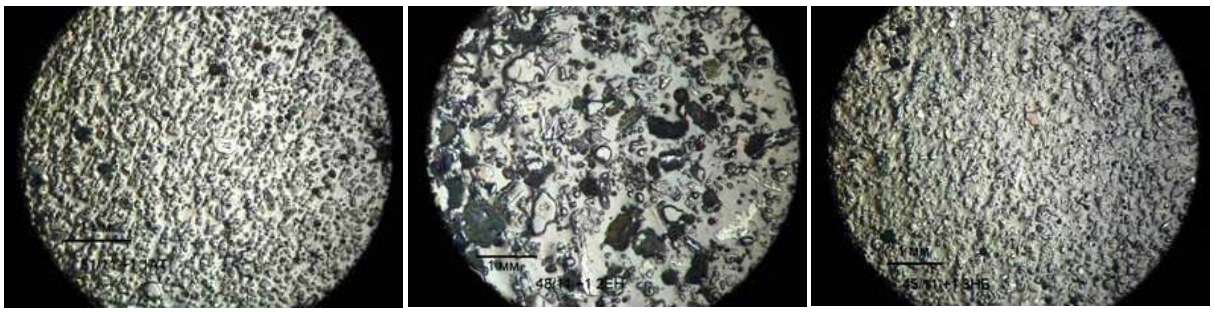


Рис. 3. Микроструктуры золоотходов: а – 1-АТ; б – 2-ЕН; в – 3-НВ.

Для золоотходов характерно значительное содержание частиц с мелкими замкнутыми порами, которые являются результатом вспучивания расплавленной массы газами при дегидратации глинистых минералов, диссоциации известняка, гипса и органических веществ. Общий объем пор может достигать 60 % объема частиц золы. Высокое содержание микропор в золе обусловливает высокое значение ее действительной удельной поверхности. В таблице 4 даны основные показатели пористости золоотходов, выполненные на газоанализаторе TtiStar 3020.

Таблица 4. Основные показатели пористости золоотходов.

Проба	Удельная поверхность, м^2/г	Средняя глубина пор, нм	Средний диаметр пор, нм	Объем микропор, см^3/г (×0.001)	Площадь микропор, м^2/г
АТ	5.9739	11.72151	16.2649	5.314	1.2426
ЕН	26.3231	4.4894	12.1998	5.314	12.303
НВ	24.1408	2.80905	5.5772	5.825	13.8779

Анализ результатов показывает, что в золоотходах Апатитской ТЭЦ преобладают крупные поры глубиной до 12 нм и диаметром до 16 нм общей площадью не более 1.2 м^2/г. В золоотходах от сжигания ВУТ поры более мелкие – от 5.5 до 12 нм и неглубокие – до 4.5 нм, их общая площадь на порядок больше, что согласуется с предыдущими исследованиями.

В целом исследования показали, что при сжигании угля в пылевидном состоянии (АТ) образуются более качественные по минеральному составу золоотходы, характеризующиеся наиболее полным сгоранием углерода, низким содержанием оксидов Fe, переходом остатка в силикатные шлаки. При этом они являются плотными и крупнодисперсными. В золоотходах от сжигания ВУТ отмечается большое количество рыхлого углеродистого остатка, низкое содержание оплавленного шлака, высокое содержание оксидов Fe, что определяет их свойства.

Проводимые в настоящее время опытно-промышленные работы по улучшению технологии сжигания ВУТ позволят получать золоотходы более высокого качества – с меньшим количеством несгоревшего топлива и низкой пористостью, которые могут использоваться в качестве компонента бетонов.

ТЕРМИЧЕСКАЯ УСТОЙЧИВОСТЬ СРЕДНИХ И КИСЛЫХ ФТОРОФОСФАТОЦИРКОНАТОВ ЩЕЛОЧНЫХ МЕТАЛЛОВ

Годнева М.М., Михайлова Н.Л., Кузнецов В.Я.

ИХТРЭМС КНЦ РАН, Апатиты, motov@chemy.kolasc.net.ru

Ранее синтезированы фторофосфатоцирконаты (ФФЦ) щелочных металлов (K, Rb и Cs) прямым осаждением из растворов [1-5]. Для применения соединений возникла необходимость определения их термостойкости. Запись кривых ДТА осуществляли на воздухе с помощью прибора НТР-70 с Pt-Pt/Rh-термопарой со скоростью нагрева 9 °С/мин до ~1000 °С. В качестве эталона использован прокаленный оксид Al. Убыль массы определяли с помощью торсионных весов ВТ-1000 или с применением термоанализатора STA-409 фирмы NETZSCH в Pt-Rh тиглях на воздухе. Рентгенограммы записывали на приборе ДРФ-2 (графитовый монохроматор, CuK_{α}-излучение) при комнатной Т. Химический анализ проводили по стандартным методикам. Определение P и Zr − рентгеноспектральным, Cs – атомно-эмиссионным анализами, F после двойной отгонки – потенциометрическим методом, H_2O – по кривой ТГ и потере массы после выдерживания образцов в неосушенном воздухе при 250 °С.

Записаны кривые ДТА для двух образцов $K_3H_3Zr_3F_3(PO_4)_5$ с одинаковой структурой (табл.), но обр. 2 содержал 5-7 % примеси, которая на рентгенограмме не нашла отражения. На кривых наблюдается узкий эндоэффект, обусловленный быстрым разложением соединения на $KZr_2(PO_4)_3$ и $K_2Zr(PO_4)_2$ для обр. 1, а также $KZr_2(PO_4)_3$ и фазу x для обр. 2 (рис. 1 а). На кривой ТГ обр. 1 с 65 до 456 °С наблюдается постепенная убыль ~ 1 моля HF, затем еще одного моля (рис. 2 а). Оставшийся моль HF удаляется постепенно до 864 °С. Для обр. 2 температура узкого термоэффекта значительно выше, он также сопровождается убылью одного моля HF.

Таблица. Характеристика образцов $K_3H_3Zr_3F_3(PO_4)_5$.

Образец	Состав, м.о.				T, °C 1-го эндоэффекта	Продукты прокаливания (970 °C)
	K^+	Zr(IV)	F^-	PO_4^{3-}		
1	1.02	1.00	1.03	1.66	482-490	$KZr_2(PO_4)_3 + K_2Zr(PO_4)_2$
2	0.93	1.00	0.77	1.61	544-553	$KZr_2(PO_4)_3$+ фаза x

Ранее соединению $K_3H_3Zr_3F_3(PO_4)_5$ приписывали формулу $K_3Zr_3F_3(HPO_4)_3(PO_4)_2$ на основании ИК-спектра [1]. Но это заключение ошибочно, т.к. на кривой ДТА нет размытого эндоэффекта в интервале 300-500 °С, отвечающего конденсации гидрофосфатных групп и сопровождающего образование полифосфатов. Последние не обнаружены и в конечных продуктах.

До 630 °С структура соединения $Rb_3H_3Zr_3F_3(PO_4)_5$ не меняется. На кривой ДТА имеются два высокотемпературных эндоэффекта (рис. 1 б). Перед началом первого узкого эндоэффекта наблюдается скачок вверх. Такой вид кривой ДТА объясняют перегревом, когда имеет место стадия распада, а затем «запоздавшее» разложение одного из продуктов [7]. Таковым, судя по составу, является $Rb_3HZr_3F(PO_4)_5$. В продукте распада преобладает $RbZr_2(PO_4)_3$ [9, карта 44–9] и в малом количестве присутствует примесь неустановленного состава. Конечный продукт состоит из $RbZr_2(PO_4)_3$, $Rb_2Zr(PO_4)_2$ и, возможно, Rb_3PO_4. Соединения $K_3H_3Zr_3F_3(PO_4)_5$ и $Rb_3H_3Zr_3F_3(PO_4)_5$, по-видимому, изоструктурны. Для $RbZrF_2PO_4{\cdot}0.5H_2O$ и других содержащих воду соединений низкотемпературные эндоэффекты на кривых ДТА вызваны дегидратацией (рис. 1 б). В интервале 615–700 °С эндоэффекты обусловлены, вероятно, разложением с образованием более плотно упакованных соединений. Вначале рыхлый продукт становится плотным. Выше 796 °С в продуктах прокаливания найдены $Rb_2Zr(PO_4)_2$ [9, карта 45–693], $RbZr_2(PO_4)_3$ [9, карта 44–9] и ZrO_2 [9, карта 86–1449].

Соль $ZrF_4{\cdot}Rb(PO_4)_{0.33}{\cdot}RbNO_3$ устойчива до 585 °С (убыль массы 0.6 %), при этой Т начинается инконгруэнтное плавление. Продукт прокаливания до 1000 °С по данным РФА содержит цирконат $Rb_2Zr_3O_7$ и фазу неизвестного состава, вероятно, оксофосфат Rb, рентгенограмма которого содержит интенсивные линии при малых углах. Термическая устойчивость $ZrF_4{\cdot}Rb(PO_4)_{0.33}{\cdot}RbNO_3$ характерна для солей с ионным характером связей.

В соединении $CsH_2Zr_2F_2(PO_4)_3{\cdot}2H_2O$ ранее указывали меньшее содержание воды ($1.5H_2O$) [4]. По данным ТГА состав уточнен (рис. 2 в). После удаления воды (эндоэффект 76-145 °С) обезвоженный продукт гигроскопичен, но структура его изменилась (рис. 1 в). При динамическом нагревании (380 °С) продукты состоят из аморфной и кристаллической фаз, состав не установлен. При этом кристаллические образования сферолитоподобны. В интервале 344-452 °С имеется эндоэффект, после которого по расчету

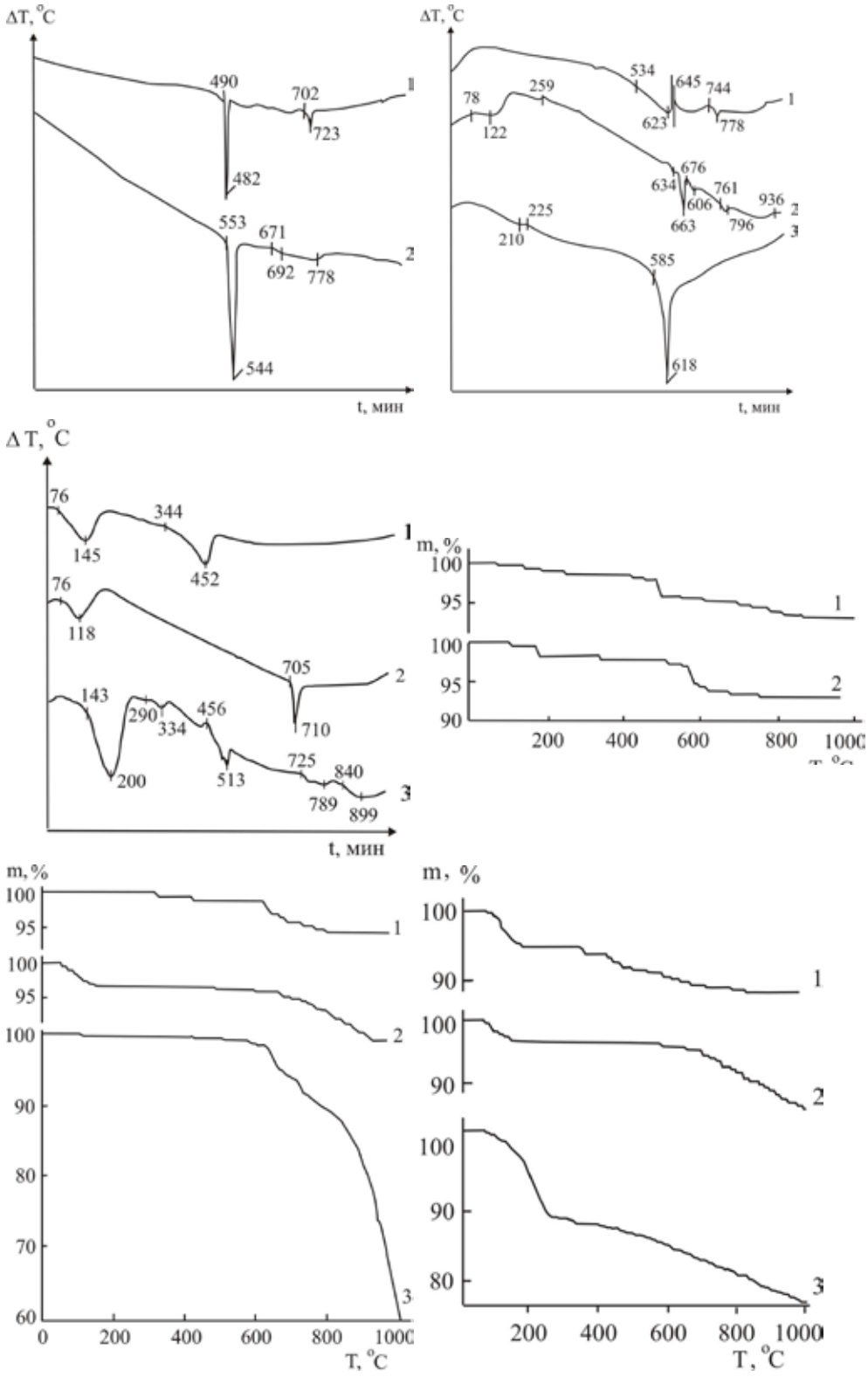


Рис. 1 и 2. ТА ФФЦМ. I – кривые ДТА. II – кривые ТГ. а – с К: 1 – $K_3H_3Zr_3F_3(PO_4)_5$ (обр. 1), 2 – $K_3H_3Zr_3F_3(PO_4)_5$ (обр. 2); б – с Rb: 1 – $Rb_3H_3Zr_3F_3(PO_4)_5$, 2 – $RbZrF_2PO_4 \cdot 0.5H_2O$, 3 – $ZrF_4 \cdot Rb(PO_4)_{0.33} \cdot RbNO_3$; в – с Cs: 1 – $CsH_2Zr_2F_2(PO_4)_3 \cdot 2H_2O$, 2 – $CsZrF_2PO_4 \cdot 0.5H_2O$, 3 – $CsZr_2F_6PO_4 \cdot 4H_2O$. Навеска, г. Iа: 1 – 0.20, 2 – 0.11; Iб: 1 – 0.11, 2 – 0.15, 3 – 0.23; Iв: 1 – 0.18, 2 – 0.22, 3 – 0.16. IIа: 1 -0.15, 2 – 0.12; IIб: 1 – 0.10, 2 – 0.16, 3 – 0.21; IIв: 1 – 0.15, 2 – 0.12, 3 – 0.17.

продукт имеет состав $CsHZr_2F(PO_4)_3$ с характерной рентгенограммой. Монофаза постепенно теряет HF. Конечный продукт прокаливания (970 °C) кристаллический $CsZr_2(PO_4)_3$, который ранее получали прокаливанием двуокиси Zr с $(NH_4)_2HPO_4$ и Cs_2CO_3 [9]. При первом высокотемпературном эффекте для кислых ФФМ выделяется один моль HF, что должно сопровождаться образованием соединений $K_3HZr_3F(PO_4)_5$,

$Rb_3HZr_3F(PO_4)_5$, $CsHZr_2F(PO_4)_3$. Но калиевое соединение не обнаружено, т.к. оно не устойчиво. Происходит его распад с образованием фосфатоцирконатов. По-видимому, рубидиевое соединение существует, но короткое время, в то время как цезиевое выделено.

После изотермического нагревания $CsZrF_2PO_4 \cdot 0.5H_2O$ до 250 °C, несмотря на удаление воды, исходя из ИКС, изменения в структуре незначительны. Безводный $CsZrF_2PO_4$ гигроскопичен. Связи воды в соединении даже после нагревания до 400 °C и последующего поглощения из воздуха сохраняются. ФФЦЦ $CsZrF_2PO_4$ термоустойчив до 576 °C. После этой Т начинается медленное удаление F без изменения структуры соединения. К этому моменту убыль массы составляет 4.8 %. Конечный продукт прокаливания (980 °C) содержит ZrO_2, $CsZr_2(PO_4)_3$ и фазу неустановленного состава. ФФЦЦ, вероятно, изоструктурен аналогичному соединению Rb, поэтому сходны их кривые ДТА, но первый содержал около 3 об. % примеси, поэтому кривая для него менее четкая.

На кривой ДТА $CsZr_2F_6PO_4 \cdot 4H_2O$ слабые эндоэффекты при 290 и 334 °C обусловлены, по-видимому, удалением небольшого количества конституционной воды [8]. Следуя кривой убыли массы, и учитывая изменение структуры, образование соединения $CsZr_2O_{0.5}F_5PO_4$ сопровождается эндоэффектом при 456-513 °C (рис. 1 в, 2 в). С 520 °C происходит непрерывная убыль массы, вызванная удалением HF, образующимся в результате пирогидролиза, с заменой F на O_2. В ИК-спектре образца наблюдается интенсивная узкая полоса при 802 $см^{-1}$, которую относят к связи Zr-O или γ (POH). Слегка спекшийся продукт прокаливания при 970 °C в условиях ТА состоит из смеси ZrO_2, Cs_2ZrF_6, $CsZr_2(PO_4)_3$ и фазы а неизвестного состава. Пирофосфаты по рентгенограммам не обнаружены.

На кривых ДТА соединений, содержащих в продуктах распада два фосфатоцирконата, наблюдаются эндоэффекты в интервале 702-796 °C, обусловленные плавлением эвтектической смеси, плав которой при охлаждении раскристаллизовывается. Такие эффекты отсутствуют при образовании цирконата или только одного фосфатоцирконата (ФЦ) (рис. 1б, кривая 3; 1в, кривая 1). Наличие эффекта для $CsZr_2F_6PO_4 \cdot 4H_2O$ объясняется тем, что фаза а также является фосфатом. Несмотря на кристаллизацию продуктов со структурой ФЦ, при дальнейшем нагревании имеет место продолжение убыли массы за счет выделения HF.

Безводные и обезвоженные ФФЦМ, как и фосфаты, термоустойчивы и, возможно, радиационно устойчивы. Наибольшей термостойкостью обладает $CsZrF_2(PO_4)$. Т его разложения равна 705 °C. Термостойкость увеличивается для однотипных соединений от калиевых к рубидиевым ($M_3H_3Zr_3F_3(PO_4)_5$) и от рубидиевых к цезиевым ($MZrF_2PO_4 \cdot 0.5H_2O$). Замена фтора на фосфатную группу также увеличивает термостойкость, например, для Rb_2ZrF_6 (474-481 °C)[6] и $RbHZrF(PO_4)_{1.66}$ (623-645 °C); α-$CsZrF_5 \cdot H_2O$ (483-520 °C), β-$CsZrF_5 \cdot H_2O$ (504-518 °C) [6] и $CsZrF_2(PO_4) \cdot 0.5H_2O$(705-710 °C).

Таким образом, для синтезированных кристаллических ФФЦ определена термоустойчивость; уточнен состав исходных соединений $K_3H_3Zr_3F_3(PO_4)_5$ ($K_3Zr_3F_3(HPO_4)_3(PO_4)_2$), $CsH_2Zr_2F_2(PO_4)_3 \cdot 2H_2O$ ($CsH_2Zr_2F_2(PO_4)_3 \cdot 1.5H_2O$); подтвержден состав соединений $K_3H_3Zr_3F_3(PO_4)_5$, $CsH_2Zr_2F_2(PO_4)_3 \cdot 2H_2O$ путем установления состава их конечных продуктов прокаливания (~1000 °C); в процессе нагревания методами ТГА и РФА обнаружены кристаллические соединения $CsHZr_2F(PO_4)_3$, $CsZr_2(PO_4)_3$.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Годнева М.М., Мотов Д.Л., Кузнецов В.Я. Фазообразование по разрезу системы $ZrO(NO_3)_2$–KF–H_3PO_4–H_2O при отношении PO_4^{3-}/Zr = 1.5-2.0 // Ж. неорг. химии. 2008. Т. 53. № 10. С. 1770-1775.
2. Годнева М.М., Кузнецов В.Я., Мотов Д.Л. и др. Фазообразование в системе $ZrO(NO_3)_2$–RbF–H_3PO_4–H_2O. Разрез PO_4^{3-}/Zr = 0.5 // Ж. неорг. химии. 2009. Т. 54. № 12. С. 2086-2090.
3. Годнева М.М., Мотов Д.Л., Борозновская Н.Н. и др. Синтез в системе ZrO_2–H_3PO_4–RbF–H_2O фторофосфатоцирконатов Rb и их рентгенолюминесцентные свойства // Ж. неорг. химии. 2010. Т. 55. № 12. С. 1957-1962.
4. Годнева М.М., Мотов Д.Л., Кузнецов В.Я. и др. Фазообразование в системе $ZrO(NO_3)_2$–H_3PO_4– CsF–H_2O. Разрез PO_4^{3-}/Zr = 1.5 // Ж. неорг. химии. 2012. Т. 57. № 4. С. 25-36.
5. Годнева М.М., Мотов Д.Л., Рыськина М.П. и др. Фазообразование в системе $ZrO(NO_3)_2$–H_3PO_4–CsF(HF)–H_2O // Ж. неорг. химии. 2012. Т. 57. В печати.
6. Годнева М.М., Мотов Д.Л. Химия подгруппы Ti: сульфаты, фториды, фторосульфаты из водных сред. М.: Наука, 2006. 302 с.
7. Егунов В.П. Введение в термический анализ. Самара: Изд-во СГУ, 1996. 270 с.
8. Лепилина Р.Г., Смирнова Н.М. Термограммы неорганических фосфатных соединений. Л.: Наука, 1984. 333 с.
9. The Powder diffraction file. Int. Centre for diffraction data.

ГЕОПОЛИМЕРНЫЕ МАТЕРИАЛЫ НА ОСНОВЕ МЕХАНОАКТИВИРОВАННЫХ ШЛАКОВ ЦВЕТНОЙ МЕТАЛЛУРГИИ И НЕФЕЛИНА

Гуревич Б.И., Калинкин А.М., Калинкина Е.В., Тюкавкина В.В., Серова Е.С.

ИХТРЭМС КНЦ РАН, Апатиты, kalinkin@chemy.kolasc.net.ru

Введение. Изучение вяжущих свойств шлаков цветной металлургии Кольского п-ова ведется на протяжении многих лет. Доказана принципиальная возможность получения из гранулированных Mg-Fe шлаков различных смешанных вяжущих [1]. Одна из разновидностей шлакосиликатных вяжущих – шлакощелочное вяжущее. Цементы этого типа подпадают под более общую классификацию, объединяющую вяжущие системы на основе тонкодисперсных аморфных или кристаллических алюмосиликатных материалов, затворяемых щелочными агентами. Общепринятым названием для них в последнее время стал термин «геополимеры». В синтезе геополимеров в качестве активных твердых компонентов используются природные алюмосиликатные минералы, минеральные отходы и побочные продукты промышленности – золы, шлаки. Поскольку лимитирующей стадией кинетики твердения геополимеров является растворение их активных твердых компонентов и переход в жидкую фазу силикатных и алюминатных анионов, необходимо осуществлять предварительную подготовку сырья. Известно, что тонкое измельчение и механоактивация (МА) приводят к увеличению реакционной способности минералов, повышению растворимости [2] за счет образования мелкодисперсных частиц с повышенной поверхностной энергией и, главным образом, за счет возникновения дефектов в кристаллической структуре твердого тела. Кроме того, ранее мы установили, что предварительная механоактивация шлака в атмосфере CO_2 способствует увеличению его способности к гидравлическому твердению по сравнению со шлаком, активированным на воздухе [3]. Карбонатные ионы, в которые превращаются поглощенные при МА молекулы CO_2, могут способствовать коррозии поверхности зерен шлака, интенсифицировать их разложение и образование на этой основе цементирующего геля.

Нефелин – каркасный алюмосиликат Na и K – содержит компоненты, необходимые для геополимерного синтеза. С одной стороны, он содержит Al и Si для образования алюмосиликатного гидрогеля, с другой – в его состав входят щелочи, которые можно рассматривать как щелочной активизатор твердения геополимера. Но согласно нашим данным, нефелиновый концентрат обладает очень незначительной способностью к самостоятельному гидравлическому твердению. Мы предприняли попытку выяснить, можно ли улучшить свойства шлакощелочного вяжущего на основе механоактивированных Mg-Fe шлаков комбината «Печенганикель» добавками тонкоизмельченного нефелина, будет ли он выступать в роли «инертного разбавителя» шлака и отрицательно влиять на прочность образцов, или он будет активизировать процесс твердения геополимерного вяжущего на основе шлака, способствуя повышению прочности.

Экспериментальная часть. В качестве исходных компонентов вяжущих композиций использовали гранулированный шлак комбината «Печенганикель» и нефелиновый концентрат (НК) ОАО «Апатит». Их химические составы даны в табл. 1.

Таблица 1. Химический состав шлака комбината «Печенганикель» и нефелинового концентрата ОАО «Апатит», мас. %.

	SiO_2	Al_2O_3	FeO	Fe_2O_3	CaO	MgO	Na_2O	K_2O	TiO_2	P_2O_5	п.п.п.
Шлак	40.88	6.90	35.40	–	2.65	10.71	1.18	0.92	–	–	–
НК	43.37	29.48	–	2.90	0.84	0.27	12.7	9.01	0.27	0.03	1.13

Минеральный состав шлаков комбината «Печенганикель», мас. %: Mg-Fe стекло 95-98; кристаллическая фаза (скелетные кристаллы оливина) 2-5; рудные минералы 1-3. Минеральный состав нефелинового концентрата, мас. %: нефелин 75-80; полевые шпаты 8-16; вторичные минералы по нефелину 1.5-10; эгирин 1.5-5; титаномагнетит 0.4-0.6; апатит 0.2-0.8; сфен 0.5-1.0.

Механоактивацию исходного сырья проводили в лабораторной центробежно-планетарной мельнице АГО-2 [4] при центробежном факторе 40 g. В качестве мелющих тел использовали стальные шары диаметром 8 мм. Отношение массы шаров к массе измельчаемого образца 6:1. При измельчении исходных компонентов и их смесей в атмосфере CO_2 барабаны мельницы заполняли CO_2 из баллона, вытесняя воздух, плотность которого в 1.5 раза меньше плотности CO_2. Операцию заполнения барабана CO_2 повторяли через каждые 2 мин МА. Перед заполнением CO_2 загрузку принудительно перемешивали. Измерение удельной поверхности производили методом воздухопроницаемости. Содержание CO_2 в образцах определяли объемным методом с помощью анализатора ELTRA CS-2000.

Для определения вяжущих свойств механоактивированных смесей шлака и нефелина изготавливались кубики размером 1.41×1.41×1.41 см из теста жесткой консистенции, которые твердели во влажных условиях при температуре 20-22 °С. Чтобы более отчетливо проследить различия в прочности образцов на основе шлаков, активированных в разных условиях и с разными добавками нефелина, в качестве затворителя использовали воду. Использование щелочных активизаторов могло бы нивелировать эти небольшие различия.

Обсуждение результатов. Оптимальная продолжительность механоактивации смесей шлака и нефелина 270 с выбрана на основе анализа зависимостей $S_{уд}$ от $\tau_{МА}$ исходных компонентов (рис. 1). Дальнейшее увеличение времени механоактивации приводит к некоторому уменьшению величины удельной поверхности компонентов вследствие усиления молекулярно-плотной агрегации частиц. Атмосфера активации не оказывает заметного влияния на величину удельной поверхности.

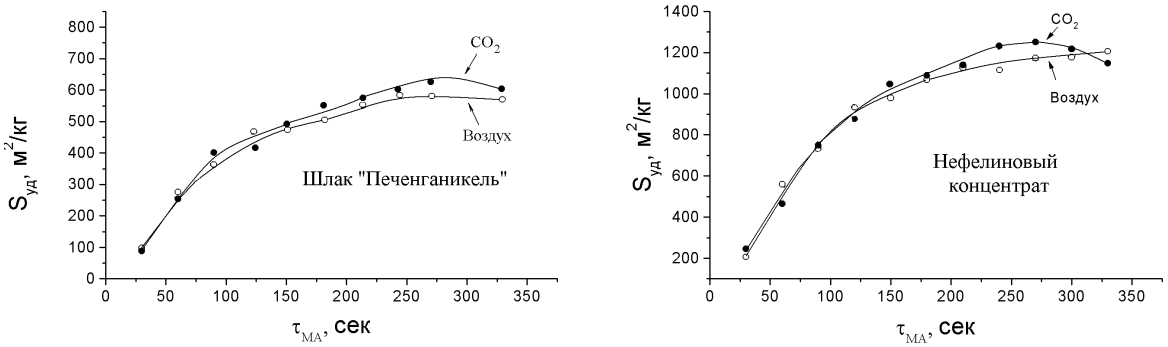


Рис. 1. Зависимость удельной поверхности шлака (слева) и нефелинового концентрата (справа) от времени МА.

После 270 с механоактивации в углекислом газе содержание CO_2 в шлаке и нефелиновом концентрате не превышает 0.4-0.5 мас. %. Данные по прочности при сжатии ($R_{сж}$) образцов из смесей с различным содержанием шлака и нефелина после совместной предварительной механоактивации в атмосфере воздуха и CO_2 для различных сроков твердения даны в таблице 2. Нефелиновый концентрат, измельченный до $S_{уд} \approx 1000$ м^2/кг, проявляет очень слабую способность к гидравлическому твердению. Прочность образцов на основе чистого нефелинового концентрата, механоактивированного на воздухе и в CO_2, при хранении во влажных условиях к 180-сут. возрасту достигает 0.9 и 1.7 МПа. Эксперименты с чистым Mg-Fe шлаком, измельченным на воздухе и в CO_2 до $S_{уд} \approx 500$ м^2/кг, подтверждают ранее выявленную тенденцию – МА в CO_2 благоприятствует получению более прочных образцов на основе МА-шлака. Для всех сроков твердения прочность образцов на основе шлака, механоактивированного в CO_2, на порядок выше, чем для шлака, активированного на воздухе. Абсолютные значения прочности при сжатии к 180 сут. достигают величин 2.0 и 20.4 для обр. 2 и 2с (табл. 2).

Таблица 2. Влияние атмосферы механоактивации и состава композиций шлак-нефелин на прочность при сжатии ($\tau_{МА}$ = 270 с, затворитель – вода).

N обр	Состав, мас. %		Атмосфера МА	Syд, м^2/кг	В/Т	Предел прочности при сжатии, МПа, сут		
	НК	Шлак				7	28	180
1	100	–	воздух	1062	0.31	1.1	1.1	0.9
1с	100	–	CO_2	998	0.29	0.9	1.1	1.7
2	–	100	воздух	470	0.23	0.6	1.0	2.0
2с	–	100	CO_2	502	0.27	4.6	10.9	20.4
3	20	80	воздух	733	0.26	0.2	0.7	0.9
3с	20	80	CO_2	897	0.27	5.7	16.7	23.2
4	30	70	воздух	639	0.26	0.2	0.7	1.5
4с	30	70	CO_2	740	0.27	2.5	13.1	24.3
5	50	50	воздух	741	0.26	1.0	2.0	1.8
5с	50	50	CO_2	726	0.28	2.1	3.1	2.9
6	80	20	воздух	818	0.26	0.3	1.3	2.4
6с	80	20	CO_2	856	0.30	1.0	1.3	2.0

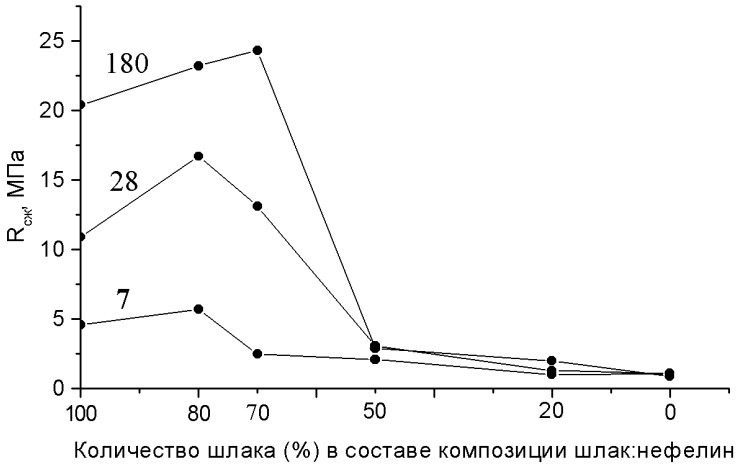


Рис. 2. Изменение прочности при сжатии в зависимости от соотношения шлак : НК для образцов твердения на основе смесей, активированных в CO_2, в возрасте 7, 28 и 180 сут.

Для выявления влияния добавок НК к шлаку на прочность при сжатии исследованы вяжущие свойства композиций шлак-нефелин, в которых нефелин замещал 20, 30, 50 и 80 % массы шлака. Данные по прочности для таких смесей, механоактивированных на воздухе, не представляют интереса. Абсолютные значения прочности на сжатие для этих образцов к 180 сут. не превышают 1-2 МПа (табл. 2). Другая ситуация наблюдается для смесей, механоактивированных в CO_2. Данные таблицы 2 и рисунка 2 свидетельствуют, что добавление 20-30 % механоактивированного нефелинового концентрата ($S_{уд} \approx 1000$ м^2/кг) к шлаку не только не понижает, но даже способствует увеличению прочности композиции шлак-нефелин по сравнению с чистым шлаком. Если принять прочность при сжатии образцов на основе чистого шлака, активированного в CO_2, за 100 % (в каждый срок твердения), то для образцов с содержанием нефелина до 30 % для всех сроков твердения наблюдается прирост прочности (табл. 3). То есть, нефелиновый концентрат может быть активизатором твердения в системе шлак-нефелин.

Таблица 3. Влияние добавок НК на прочность при сжатии композиций шлак-нефелин при совместной механоактивации в атмосфере CO_2 ($\tau_{МА}$ = 270 с, затворитель – вода).

N обр	Состав, мас. %		В/Т	Предел прочности при сжатии, через … сут.					
	НК	Шлак		МПа			% (от чистого шлака)		
				7	28	180	7	28	180
1с	-	100	0.27	4.6	10.9	20.4	100	100	100
3с	20	80	0.27	5.7	16.7	23.2	124	153	114
4с	30	70	0.27	2.5	13.1	24.3	54	120	119
5с	50	50	0.28	2.1	3.1	2.9	46	28	14
6с	80	20	0.30	1.0	1.3	2.0	22	11	10

Выводы

Подтверждено, что предварительная механоактивация гранулированного магнезиально-железистого шлака комбината «Печенганикель» в атмосфере CO_2 способствует существенному увеличению прочности образцов твердения.

Механоактивированный нефелиновый концентрат является не инертным «разбавителем» в составе композиции шлак-нефелин, а ее активным компонентом.

Прочность образцов твердения на основе композиций шлак-нефелин с содержанием нефелина до 30 мас. % после предварительной механоактивации в атмосфере CO_2 выше, чем прочность образцов на основе чистого шлака для всех сроков твердения. В этих условиях нефелин является активизатором твердения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гуревич Б.И. Вяжущие вещества из техногенного сырья Кольского п-ова. Апатиты: Изд-во КНЦ РАН, 1996. 179 с.
2. Ломовский О.И. Механохимия в решение экологических задач. Н.: ГПНТБ СО РАН, 2006. 221 с.
3. Калинкин А.М., Гуревич Б.И., Пахомовский Я.А. и др. Механохимическая активация Mg-Fe шлаков в среде CO_2 и их свойства // Ж. прикл. химии. 2009. Т. 82. № 8. С. 1251-1255.
4. Аввакумов Е.Г. Механические методы активации химических процессов. Н.: Наука, 1986. 305 с.

ТРЁХМЕРНОЕ МИНЕРАЛОГИЧЕСКОЕ КАРТИРОВАНИЕ КОВДОРСКОГО КАРБОНАТИТ-ФОСКОРИТОВОГО КОМПЛЕКСА

Калашников А.О.[1], Сохарев В.А.[2], Иванюк Г.Ю.[1,3], Михайлова Ю.А.[1,3], Пахомовский Я.А.[1,3], Коноплева Н.Г.[3], Яковенчук В.Н.[1,3], Базай А.В.[1,3]

[1]ГИ КНЦ РАН, Апатиты, kalashnikov@geoksc.apatity.ru
[2]ОАО «Ковдорский ГОК», Ковдор; [3]ЦНМ КНЦ РАН, Апатиты

Изучение минерально-вещественной зональности Ковдорского комплексного месторождения магнетита, апатита и бадделеита с оценкой запасов глубоких горизонтов и повышением категории верхних горизонтов позволяет оптимизировать процессы разработки, обогащения и комплексного использования руд. Имея данные по распределению во всем объеме месторождения не только валового состава руд, но и концентрации элементов-примесей в рудных минералах, их гранулометрии, содержания второстепенных минералов, можно избежать сбоев технологии обогащения, увеличить качество шихтовки, выработать средне- и долгосрочную стратегию эксплуатации месторождения. Наличие такой информации позволяет оценивать возможности извлечения других видов сырья, например, РЗЭ. Детальное минералогическое изучение 550 образцов керна (гор. -80, -110, -140, -170, -230, -290, -410, -530 и -650 м) показало, что основными минералами-концентраторами РЗЭ являются анкилит-(Ce), пирохлор, цирконолит и апатит (табл.).

Таблица. Среднее (максимальное) содержание REE_2O_3 (мас. %) в минералах Ковдорского месторождения магнетита, апатита и бадделеита.

Минерал	La_2O_3	Ce_2O_3	Pr_2O_3	Nd_2O_3	Sm_2O_3	REE_2O_3
Апатит	0.004(0.5)	0.09(2.9)	–	0.002(0.2)	–	0.09(2.9)
Цирконолит	1(4.9)	3.9(14.3)	0.02(0.65)	1.32(8.5)	0.01(2)	6.2(22.2)
Пирохлор	0.7(10.5)	3(16.7)	0.003(0.5)	0.3(9.4)	–	4.1(26.5)
Анкилит-(Ce)	16.6(23.5)	24.1(27.5)	3.1(6.1)	6(10.6)	–	47.6(57.9)

Встречаемость указанных минералов в породе, как и содержание REE в них, соответствуют общей концентрической зональности фоскорит-карбонатитовой трубки. В её осевой зоне получили развитие кальцит-магнетитовые фоскориты с апатитом и бадделеитом, относительно обогащенным REE и Sc (рис. 1).

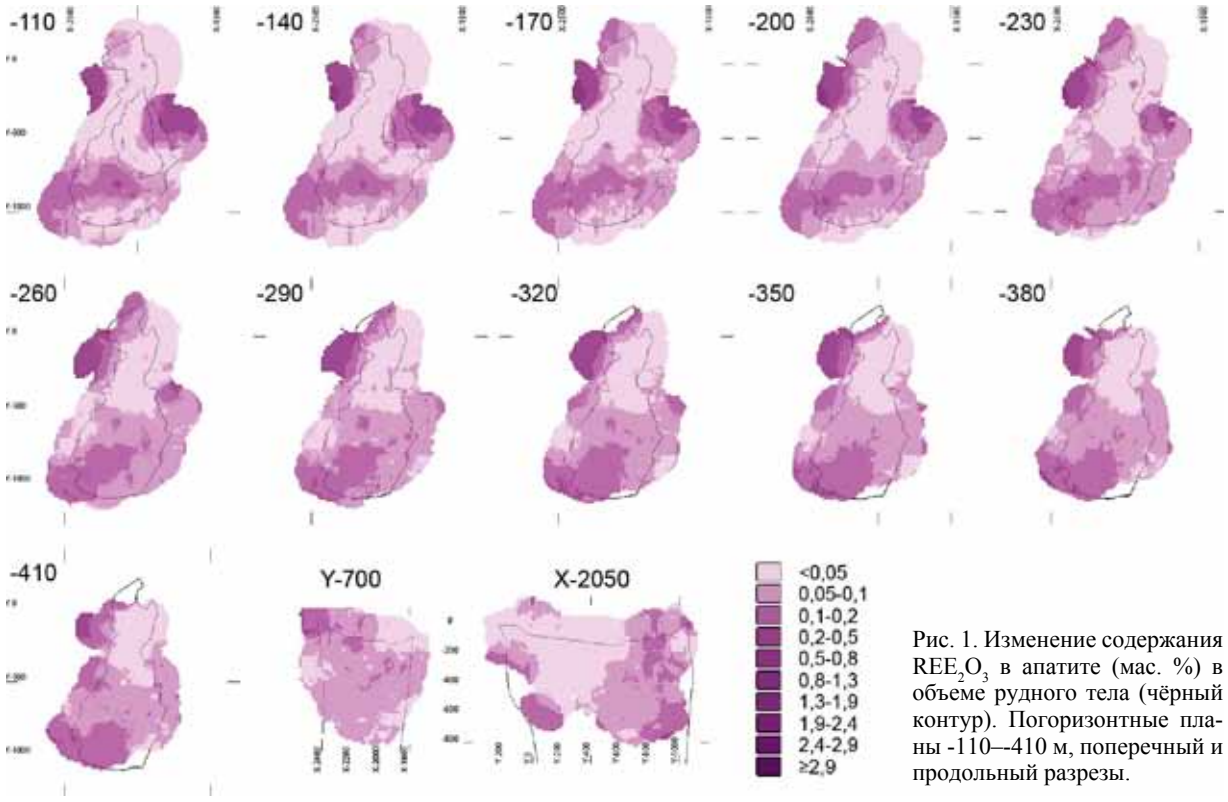


Рис. 1. Изменение содержания REE_2O_3 в апатите (мас. %) в объеме рудного тела (чёрный контур). Погоризонтные планы -110–-410 м, поперечный и продольный разрезы.

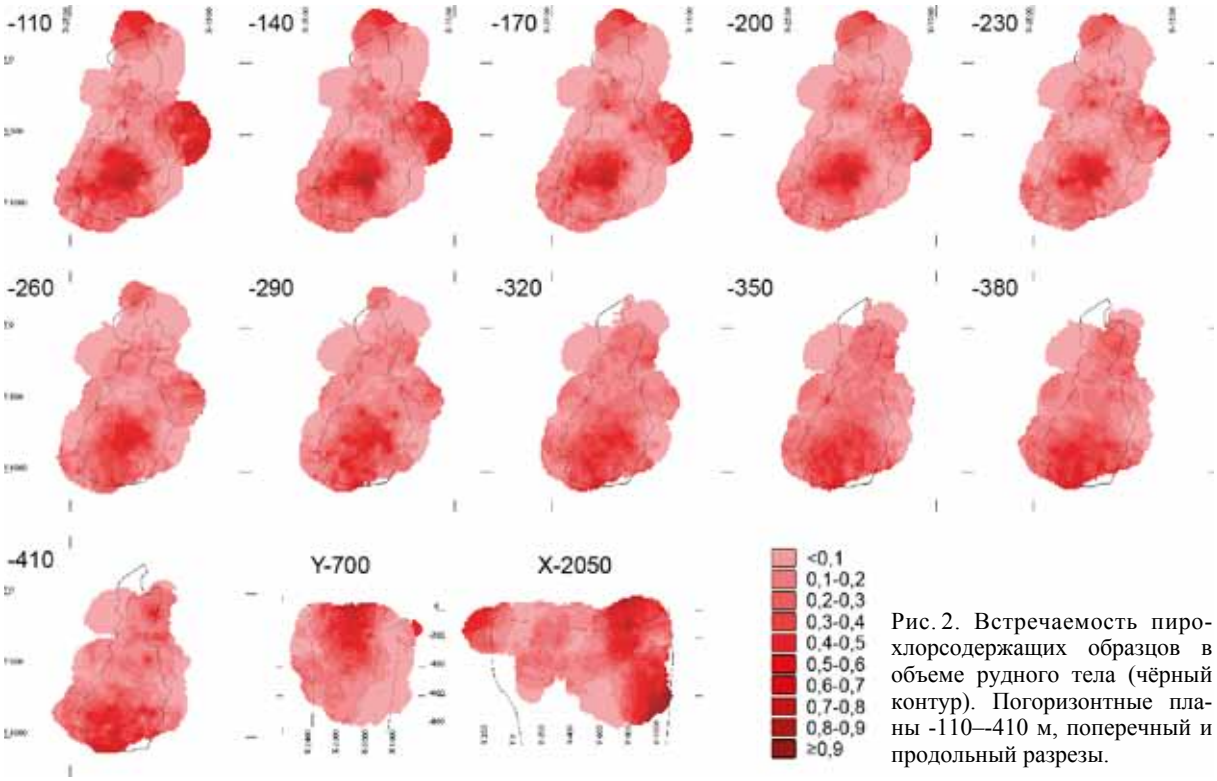


Рис. 2. Встречаемость пирохлорсодержащих образцов в объеме рудного тела (чёрный контур). Погоризонтные планы -110–-410 м, поперечный и продольный разрезы.

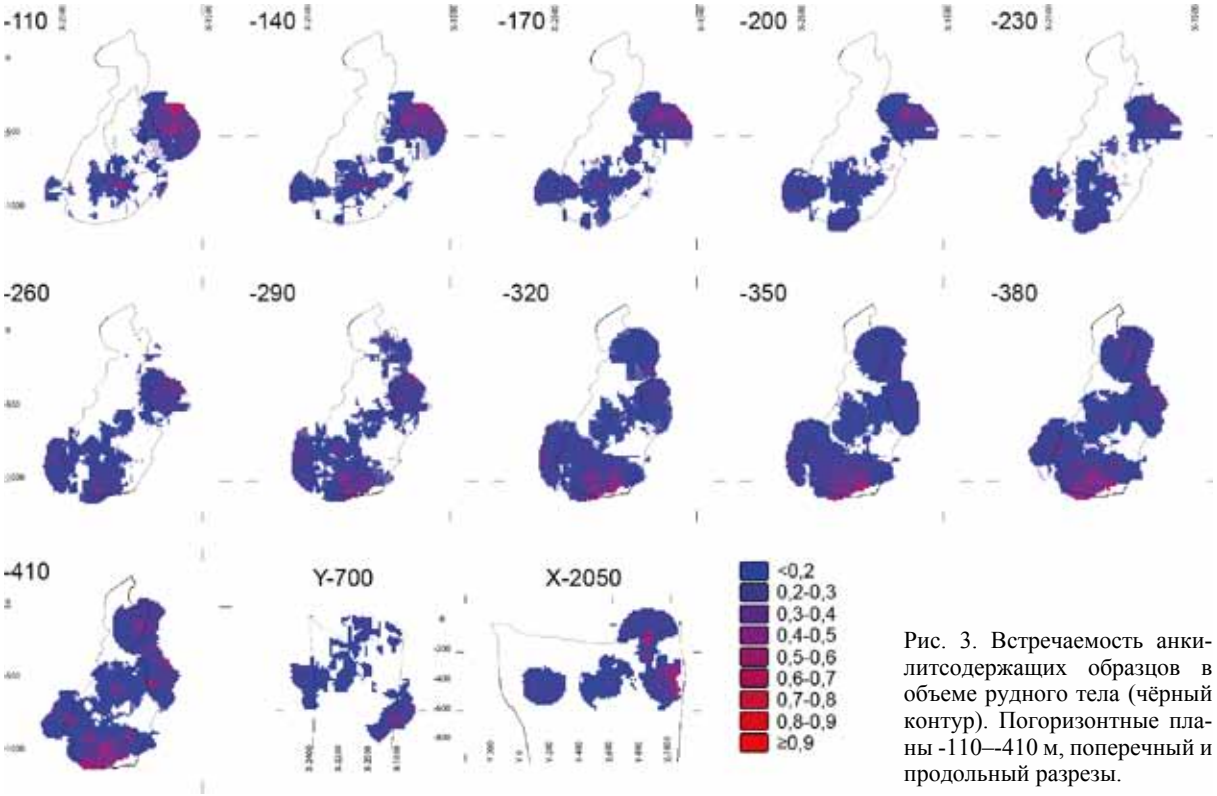


Рис. 3. Встречаемость анкилитсодержащих образцов в объеме рудного тела (чёрный контур). Погоризонтные планы -110–-410 м, поперечный и продольный разрезы.

Пирохлор и цирконолит – характерные продукты изменения бадделеита, концентрирующие REE, участки их максимального содержания в фоскоритах также приурочены к осевой зоне рудного тела (рис. 2). Наиболее поздним из рассматриваемых минералов является анкилит-(Ce), локализация которого наследует таковую REE-содержащих апатита и бадделеита (ср. рис. 1 и 3).

Кроме фоскорит-карбонатитового комплекса, REE-содержащие апатит и бадделеит характерны для фоидолитов, щелочных метасоматитов (слюдитов, диопсидитов), доломит-серпентиновых пород и доломитовых карбонатитов. Здесь присутствуют те же вторичные минералы-концентраторы REE (ср. рис. 1 и 3). Четко выраженная позиция максимумов содержания анкилита-(Ce), цирконолита, пирохлора и концентра-

ции REE в них, апатите и бадделеите позволяет предположить, что при селективной отработке извлечение РЗЭ может оказаться рентабельным.

Исследования проводились в рамках проекта по доразведке глубоких горизонтов Ковдорского комплексного месторождения магнетита, апатита и бадделеита в 2007-2011 гг. и проекта 1.2.4 Программы президиума РАН № 27.

СИНТЕЗ ЛАКАРГИТА ИЗ БАДДЕЛЕИТА И КАЛЬЦИТА

Калинкин А.М., Балякин К.В., Калинкина Е.В.
ИХТРЭМС КНЦ РАН, Апатиты, kalinkin@chemy.kolasc.net.ru

Введение. Лакаргит $CaZrO_3$, Zr аналог перовскита – новый минерал, обнаруженный в скарновых породах В. Чегемского ущелья, Сев. Кавказ [4]. Искусственный лакаргит – цирконат Ca – в технологической практике известен давно. Керамика на основе $CaZrO_3$ как сложного перовскитоподобного оксида – перспективный материал для резонансных элементов микроволновых фильтров и керамических конденсаторов. $CaZrO_3$ играет важную роль как промежуточное соединение в технологии переработки Zr сырья [1].

Мировое производство цирконийсодержащих концентратов превысило 1.4 млн. т и в последние годы наблюдается его рост [7]. Zr продукция включает природные минеральные концентраты (цирконовые и бадделеитовые) и продукты их переработки – все они пользуются большим спросом. Согласно прогнозам, к 2015 г. спрос на Zr сырье увеличится на 5.4 % [7], в то время как его производство будет находиться на постоянном уровне из-за отсутствия прироста запасов [5]. Принимая во внимание ожидаемый дефицит Zr сырья на мировом рынке, а также то, что Zr включен в «Перечень основных видов стратегического минерального сырья», РФ необходимо рассчитывать на собственные сырьевые источники. Важной задачей является замещение экспорта минеральных концентратов их глубокой химико-технологической переработкой. Наиболее рациональным представляется создание малых производств, выпускающих дорогостоящую продукцию.

В Кольском горнопромышленном регионе расположено единственное освоенное в нашей стране месторождение циркониевого сырья – Ковдорское месторождение бадделеита. Бадделеитовый концентрат (БК), выпускаемый ОАО «Ковдорский ГОК», применяется для производства огнеупоров, абразивов и некоторых других продуктов без глубокой химико-технологической переработки исходного сырья. Хотя потребность в высококачественных Zr огнеупорах на основе бадделеита велика, экономически выгодно получать из бадделеита ZrO_2 квалификации ОСЧ, который применяется в волоконной оптике, в производстве керамики, используемой в электронике, в твердооксидных топливных элементах и др. В ИХТРЭМС КНЦ РАН разработана комплексная технология переработки бадделеита с получением высокочистого ZrO_2 и попутных ценных компонентов, основанная на спекании концентрата с карбонатом (оксидом) Ca, в ходе которого образуется $CaZrO_3$, и кислотном разложении спека [1]. Недостатком этой технологии являются жесткие условия перевода бадделеита в лакаргит при спекании, которое протекает в течение 4 ч при 1200 °C. Ранее на примере получения цирконата Ca из синтетических бадделеита и кальцита нами показана принципиальная возможность заметного снижения температуры спекания за счет предварительной механоактивации (МА) шихты [2]. В этой работе проведено более детальное изучение синтеза лакаргита при спекании смеси $CaCO_3$ (кальцита) и бадделеита. Были поставлены следующие цели: 1) исследовать термодинамические и кинетические и закономерности получения $CaZrO_3$ без применения и с применением МА; 2) сравнить протекание процесса для синтетического и природного бадделеита.

Эксперимент. В экспериментах использован синтетический бадделеит (ZrO_2 моноклинной модификации) «хч», БК марки ПБ-ХОМ и синтетический кальцит ($CaCO_3$) «чда». Сумма $ZrO_2 + HfO_2$ в БК составила 99.4 %. Для проведения опытов использованы два образца ZrO_2, полученных прокаливанием исходного синтетического бадделеита в течение 12 ч при 600 и 1300 °C. Удельная поверхность образцов равнялась 9.8 ± 0.5 и 0.79 ± 0.05 м^2/г.

Исходные смеси, содержащие синтетический бадделеит (или БК) и $CaCO_3$ с мольным отношением 1:1, готовились смешением навесок реагентов в механической ступке Fritsch Pulverisette в течение 4 ч. Исходные смеси карбоната кальция и синтетического бадделеита, прокаленного при 600 и 1300 °C, обозна-

чены z-6 и z-13. МА эквимолярных смесей (бадделеит + кальцит) продолжительностью 10 мин проводили в центробежно-планетарной мельнице АГО-2 при центробежном факторе 40 g в воздушной атмосфере. В качестве мелющих тел использованы стальные шары диаметром 8 мм. Соотношение массы шаров к массе загрузки составляло 20:1.

Для определения степени превращения (α) ZrO_2 в лакаргит навеску прокаленной смеси разлагали раствором HCl (1:3) при температуре 75-80 ^{0}C в течение 2.5 ч, что обеспечивало полное растворение цирконата Са в спеке. Твердый остаток ZrO_2 отделяли фильтрованием. Концентрацию Zr в фильтрате определяли фотометрически по методу, основанному на взаимодействии Zr с реактивом арсеназо I. Величину α рассчитывали как степень перехода Zr в раствор по отношению к его содержанию в исходной навеске.

Результаты и обсуждение. В [3] показано, что образование $CaZrO_3$ при спекании ZrO_2 (бадделеита) с карбонатом Са происходит после разложения $CaCO_3$, т.е. процесс является двухстадийным: $CaCO_3 = CaO + CO_2$, $CaO + ZrO_2 = CaZrO_3$. Полученные нами данные химического и термического анализов (ТА) подтверждают этот вывод. Согласно результатам ТА смесей z-6 и z-13, уменьшение массы за счет термолиза $CaCO_3$ начинается при 600-620 ^{o}C и заканчивается при 880-900 °C, убыль массы соответствует расчетному содержанию CO_2 в смеси. На кривой ДТА положение максимума эндоэффекта удаления CO_2 при 856 °C совпадает с максимальным значением скорости убыли массы, отсутствует пик, отвечающий образованию $CaZrO_3$.

Эти экспериментальные результаты согласуются с термодинамическими расчетами, выполненными по справочным данным [6] (рис. 1). Реакция образования цирконата Са из кальцита и бадделеита термодинамически разрешена выше 610 °C, что подтверждает опытные данные [3]. Для сравнения, реакция синтеза $CaZrO_3$ из CaO и ZrO_2 энергетически выгодна во всем изученном температурном диапазоне, при этом ее энергия Гиббса слабо зависит от Т. Реакция образования цирконата кальция из оксида кальция и ZrO_2 экзотермична, но ее тепловой эффект по модулю в 6 раз меньше эндоэффекта разложения кальцита (рис. 1). Таким образом, отсутствие экзопика образования $CaZrO_3$ на кривой ДТА может быть связано с относительно небольшой величиной эффекта, его частичным наложением на эндопик диссоциации $CaCO_3$, а также с невысокой скоростью реакции.

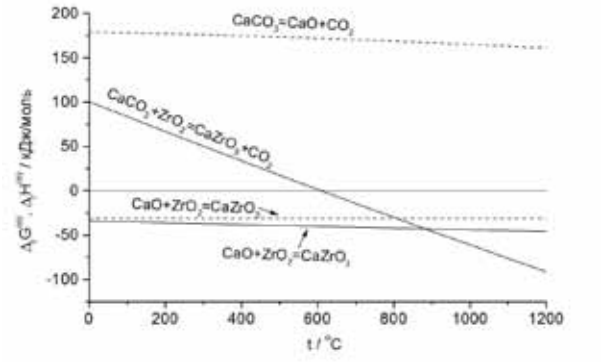


Рис. 1. Температурные зависимости стандартных энергий Гиббса (сплошные линии) и энтальпий (пунктир) реакций образования $CaZrO_3$ и разложения кальцита.

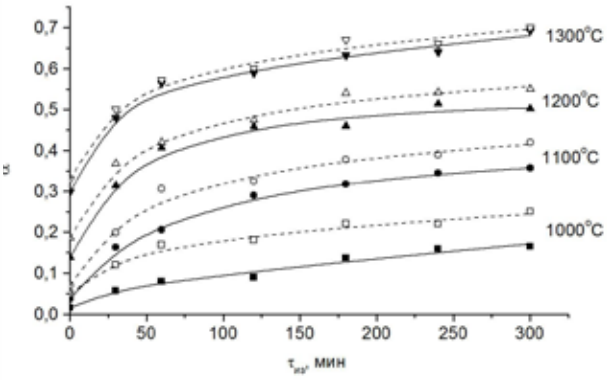


Рис. 2. Степень превращения α синтетического бадделеита в лакаргит без МА от продолжительности нагрева: темные символы, сплошные линии – для z-13; светлые символы, пунктирные линии – для z-6.

На рисунке 2 приведены экспериментальные степени превращения α синтетического бадделеита в лакаргит в зависимости от продолжительности нагрева при 1000, 1100, 1200 и 1300 °C для смесей z-6 и z-13. Исходные смеси в тиглях помещались в печь при комнатной температуре. Отсчет времени изотермической выдержки ($\tau_{из}$) начинался после достижения температуры в печи заданного значения. Удельная поверхность ZrO_2 в смеси z-6 на порядок превышает эту величину в z-13. На этом основании можно было бы ожидать большого различия в скорости взаимодействия компонентов в смесях и, как следствие, значениях α при одинаковых условиях (Т и $\tau_{из}$). Но из рисунка 2 следует, что степень превращения для смеси z-6 лишь незначительно превышает таковую для z-13, причем с ростом Т различие уменьшается, а при 1300 °C почти нивелируется. Кажущееся противоречие объясняется особенностями микроструктуры исходных порошков ZrO_2 и ее изменением при нагревании.

Сопоставление СЭМ-изображений при м-бе 50 мкм показывает, что частицы обоих образцов синтетического бадделеита имеют округлую форму и близкие размеры (10-50 мкм), причем частицы ZrO_2 после

прокалки при 1300 °С несколько крупнее, чем при 600 °С в согласии с данными по степени превращения (рис. 2). Анализ изображений при большем увеличении (м-б 5 мкм) позволяет заключить, что частицы синтетического бадделеита после прокалки при 600 °С представляют собой агрегаты более мелких частиц (1-3 мкм). Спекание при 1300 °С приводит к слиянию мелких частиц в агрегатах и формированию однородных плотных частиц 10-50 мкм. На начальном этапе твердофазной реакции наружная поверхность агрегатов, по-видимому, покрывается слоем продукта $CaZrO_3$, в дальнейшем скорость процесса на их внутренней поверхности контролируется диффузией второго реагента через слой лакаргита.

Для выяснения влияния Т получены зависимости $S_{уд}$ синтетического бадделеита, предварительно прокаленного 12 ч при 600 °С, от времени изотермической выдержки (рис. 3). Нагрев ZrO_2 проводили по методике, описанной выше для реакционных смесей. Из представленных данных следует, что для температуры 1000 °С на политермическом участке удельная поверхность снижается примерно на 15 % по отношению к исходному значению (9.8 $м^2/г$), затем при изотермической выдержке происходит плавное уменьшение еще на ~27 %. В результате 5 ч нагрева при температуре 1000 °С $S_{уд}$ снижается на 42 %, тогда как для 1100 и 1200 °С эта величина составляет 67 и 85 %. Наиболее резкое падение удельной поверхности ZrO_2 наблюдается для выдержки при 1300 °С – уже в начале изотермического участка значение $S_{уд}$ снижено на порядок и далее почти не меняется. Характер изменения удельной поверхности ZrO_2 от времени изотермической выдержки (рис. 3) согласуется с постепенным сближением кривых степеней превращения для смесей z-6 и z-13 при увеличении температуры (рис. 2).

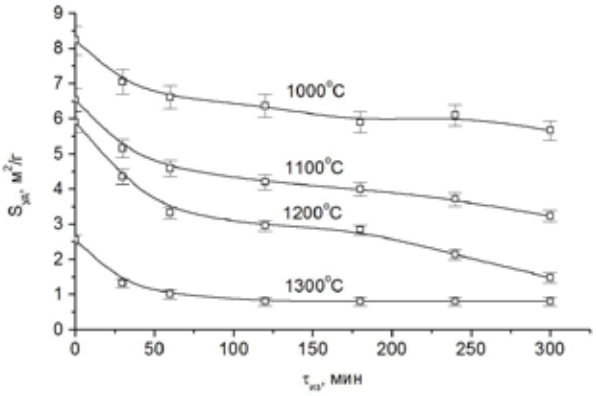


Рис. 3. Изменение удельной поверхности синтетического бадделеита, предварительно прокаленного 12 ч при 600 °С, от времени изотермической выдержки ($\tau_{из}$) при 1000, 1100, 1200 и 1300 °С.

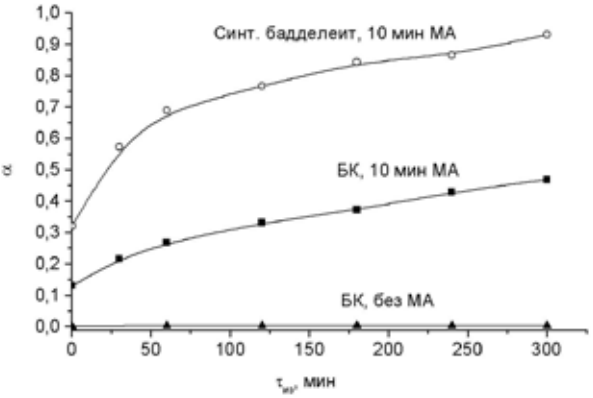


Рис. 4. Влияние МА на степень превращения α бадделеитового концентрата и синтетического бадделеита в лакаргит от продолжительности нагрева при 900 °С.

На рисунке 4 даны степени превращения α предварительно механоактивированных в течение 10 мин смесей (бадделеит + кальцит) для синтетического бадделеита, предварительно прокаленного при 600 °С, и для БК в зависимости от продолжительности нагрева при 900 °С. МА существенно увеличивает скорость взаимодействия бадделеита с кальцитом. Для синтетического бадделеита по сравнению с БК степени превращения α заметно больше, что связано с большей поверхностью ZrO_2 в смеси с кальцитом после МА.

Дальнейшие исследования будут направлены на повышение выхода лакаргита с применением предварительной МА, в частности, за счет введения в шихту галогенидов щелочноземельных металлов, интенсифицирующих спекание.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Воскобойников Н.Б., Скиба Г.С. Получение высокочистого диоксида циркония из бадделеита // Ж. прикл. химии. 1996. Т. 69. № 5. С. 723-726.
2. Калинкин А.М., Балякин К.В., Калинкина Е.В. и др. Моделирование взаимодействия бадделеита и кальцита при спекании с применением предварительной механоактивации // Тр VIII Всерос. Ферсмановской научн. сессии «Минералогия, петрология и полезные ископаемые Кольского региона». Апатиты: Изд-во КНЦ РАН, 2011. С. 239-242.
3. Шуменко В.Н., Коленкова В.А., Дорохина М.Н. Взаимодействие бадделеита с окисью и карбонатом кальция // Изв. ВУЗов. Цвет. мет. 1974. № 3. С. 96-100.

4. Galuskin E.V., Gazeev V.M., Armbruster T. et al. Lakargite $CaZrO_3$: a new mineral of the perovskite group from the North Caucasus, Kabardino-Balkaria, Russia // Amer. Miner. 2008. V 93. N 11-12. P 1903-1910.
5. MacDonald A. Zircon substitution: myth or reality? // Industrial minerals. May 2011. P 250-255.
6. Yokogawa H. Tables of thermodynamic properties of inorganic compounds // J. Nat. Chem. Lab. Ind. 1988. V 83. P 27-121.
7. Zirconium: global industry markets and outlook / Roskill Rep. 2011. 350 p.; www.roskill.com.

ГРАНАТ-КАРБОНАТНАЯ АССОЦИАЦИЯ С КИАНИТОМ

Каржавин В.К.

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

Превращение исходных веществ в большинстве химических процессов осуществляется с участием всех присутствующих в системе компонентов через ряд элементарных реакций. В данной работе предпринята попытка проанализировать различные условия образования и существования гранатов в присутствии карбонатов, кианита и графита. Для этого рассмотрен ряд систем, содержащих альмандин (Fe-Al-Si-C-O), пироп (Mg-Al-Si-C-O), гроссуляр (Ca-Al-Si-C-O) и спессартин (Mn-Al-Si-C-O) в зависимости от P-T условий. Условия разложения карбонатов на оксид металла и диоксид углерода в зависимости от условий проанализированы в [2]. Процесс разложения карбонатов рассмотрен на примере реакций: 1) $FeCO_3 = FeO + CO_2$, 2) $MgCO_3 = MgO + CO_2$, 3) $CaMg(CO_3)_2 = CaCO_3 + MgO + CO_2$, 4) $CaMg(CO_3)_2 = CaCO_3 + MgCO_3$, 5) $CaMg(CO_3)_2 = CaO + MgO + 2CO_2$, 6) $CaCO_3 = CaO + CO_2$. Из (рис. 1) влияние P и T на разложение карбонатов очевидно. Наиболее устойчивым оказался карбонат кальция, менее устойчивым – сидерит.

Система Fe-Al-Si-C-O. В состав этой системы кроме альмандина введены сидерит, кианит и диоксид кремния. Модельные P и T задавались в соответствии с возможностями метода TWQ [4, 5]. Результаты даны в виде реакций и в графической форме (рис. 2). В [1] показана возможность одновременного присутствия двух модификаций углерода в кианитовых сланцах Кольского п-ова [3]. Расчетами показана возможность образования и совместного существования с графитом альмандина при участии сидерита и кианита: 1) $CO_2 = C + O_2$, 2) $3FeCO_3 + Al_2SiO_5 + 2SiO_2 = Fe_3Al_2Si_3O_{12} + 3C + 3O_2$, 3) $3FeCO_3 + Al_2SiO_5 + 2SiO_2 = Fe_3Al_2Si_3O_{12} + 3CO_2$. В системе установлено равновесие трех химических реакций как функция температуры и давления при T = 423 °C и P = 0.85 кбар.

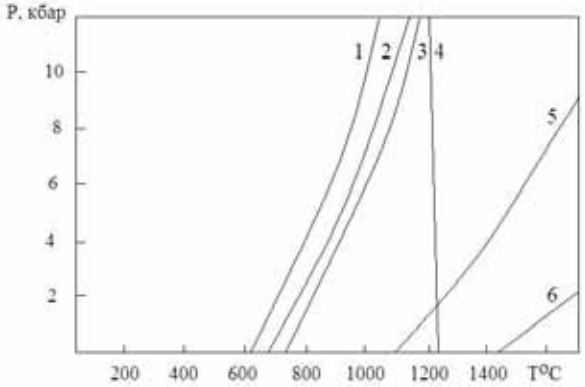


Рис. 1. P-T зависимость реакций разложения карбонатов.

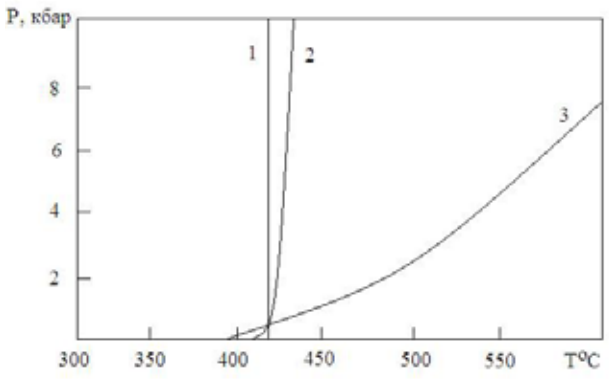


Рис. 2. Система Fe-Al-Si-C-O.

Для усложнения системы необходимо учесть влияние окислительно-восстановительных условий среды на компонентный состав. Для этого в систему ввели гематит (рис. 3). Результаты расчета варианта с гематитом без кианита представлены в виде реакций: 1) $2Fe_2O_3 + 4CO_2 = 4FeCO_3 + O_2$, 2) $4Al_2O_3 + 3C + 6Fe_2O_3 + 12SiO_2 = 4Fe_3Al_2Si_3O_{12} + 3CO_2$, 3) $4Al_2O_3 + 6Fe_2O_3 + 12SiO_2 = 4Fe_3Al_2Si_3O_{12} + 3O_2$, 4) $CO_2 = C + O_2$, 5) $3FeCO_3 + 3SiO_2 + Al_2O_3 = Fe_3Al_2Si_3O_{12} + 3C + 3O_2$, 6) $4FeCO_3 = 4C + 2Fe_2O_3 + 3O_2$, 7) $3FeCO_3 + 3SiO_2 + Al_2O_3 = Fe_3Al_2Si_3O_{12} + 3CO_2$, 8) $4FeCO_3 = C + 2Fe_2O_3 + 3CO_2$. В системе дополнительно появились 5 реакций. Реакции 3 и 4 показываютвозможность образования альмандина за счет введенных в систему компонентов. Равновесие при новом составе сохранилось.

В результате замены в системе гематита на магнетит (рис. 4) получен иной набор реакций: 1) $2Fe_3O_4 + 6CO_2 = 6FeCO_3 + O_2$, 2) $2Fe_3Al_2Si_3O_{12} + CO_2 = 2Al_2O_3 + C + 2Fe_3O_4 + 6SiO_2$, 3) $2Al_2O_3 + 2Fe_3O_4 + 6SiO_2 = 2Fe_3Al_2Si_3O_{12} + O_2$, 4) $CO_2 = C + O_2$, 5) $6FeCO_3 = 2Fe_3O_4 + 6C + 5O_2$, 6) $3FeCO_3 + 3SiO_2 + Al_2O_3 = Fe_3Al_2Si_3O_{12} + 3C + 3O_2$, 7) $3FeCO_3 + 3SiO_2 + Al_2O_3 = Fe_3Al_2Si_3O_{12} + 3CO_2$, 8) $6FeCO_3 = C + 2Fe_3O_4 + 5CO_2$. Равновесие в системе базируется на расширенном наборе компонентов за счет реакций 1 и 5.

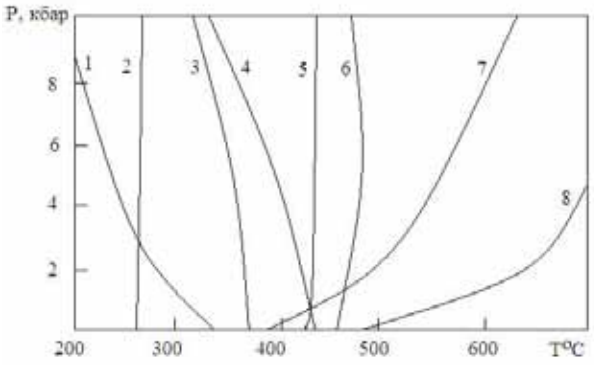


Рис. 3. Система Fe-Al-Si-C-O с гематитом.

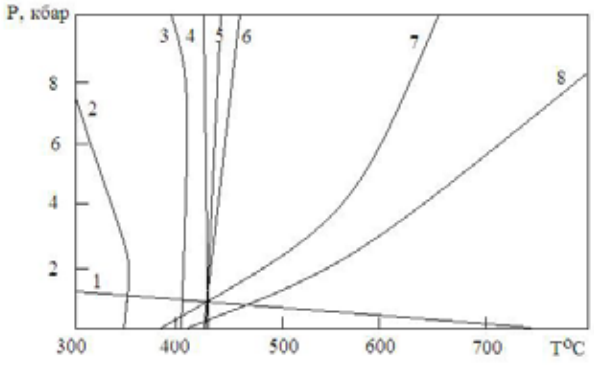


Рис. 4. Система Fe-Al-Si-C-O с магнетитом.

Показана возможность образования альмандина с графитом за счет оксидов и сидерита системы Fe-Al-Si-C-O. Этот вариант оказался более благоприятным для образования графита за счет сидерита. Усложнение системы за счет введения кианита (как в первом варианте) позволило смоделировать природную гранат-карбонатную ассоциацию с кианитом. Система состоит из 20 реакций, в которых прослеживается ассоциация с графитом, образованным за счет сидерита или продуктов его разложения: 1) $CO_2 = C + O_2$, 2) $6FeCO_3 = C + 2Fe_3O_4 + 5CO_2$, 3) $2Fe_3Al_2Si_3O_{12} + CO_2 = C + 2Al_2O_3 + 2Fe_3O_4 + 6SiO_2$, 4) $2Fe_3Al_2Si_3O_{12} + CO_2 = C + 2Al_2SiO_5 + 2Fe_3O_4 + 4SiO_2$, 5) $3FeCO_3 + 5Fe_3Al_2Si_3O_{12} = 3C + 5Al_2O_3 + 6Fe_3O_4 + 15SiO_2$, 6) $3FeCO_3 + 5Fe_3Al_2Si_3O_{12} = 3C + 5Al_2SiO_5 + 6Fe_3O_4 + 10SiO_2$, 7) $3FeCO_3 + 5Fe_3Al_2Si_3O_{12} + 10Al_2O_3 = 3C + 6Fe_3O_4 + 15Al_2SiO_5$, 8) $6FeCO_3 = 6C + 2Fe_3O_4 + 5O_2$, 9) $3FeCO_3 + 3Al_2SiO_5 = 3C + Fe_3Al_2Si_3O_{12} + 2Al_2O_3 + 3O_2$, 10) $3FeCO_3 + Al_2O_3 + 3SiO_2 = 3C + Fe_3Al_2Si_3O_{12} + 3O_2$, 11) $3\ FeCO_3 + Al_2SiO_5 + 2\ SiO_2 = Fe_3Al_2Si_3O_{12} + 3\ C + 3\ O_2$, 12) $3FeCO_3 + Al_2SiO_5 + 2SiO_2 = Fe_3Al_2Si_3O_{12} + 3CO_2$, 13) $FeCO_3 + Al_2O_3 + 3SiO_2 = Fe_3Al_2Si_3O_{12} + 3CO_2$, 14) $3Al_2SiO_5 + 3\ FeCO_3 = Fe_3Al_2Si_3O_{12} + 2Al_2O_3 + 3CO_2$, 15) $6Al_2SiO_5 + C + 2Fe_3O_4 = 2Fe_3Al_2Si_3O_{12} + 4Al_2O_3 + CO_2$, 16) $6Al_2SiO_5 + 2Fe_3O_4 = 2Fe_3Al_2Si_3O_{12} + 4Al_2O_3 + O_2$, 17) $2Al_2SiO_5 + 2Fe_3O_4 + 4SiO_2 = 2Fe_3Al_2Si_3O_{12} + O_2$, 18) $2Al_2O_3 + 2Fe_3O_4 + 6SiO_2 = 2Fe_3Al_2Si_3O_{12} + O_2$, 19) $2Fe_3O_4 + 6CO_2 = 6FeCO_3 + O_2$, 20) $Al_2SiO_5 = SiO_2 + Al_2O_3$. Роль сидерита в совместном образовании кианита и графита хорошо прослеживается на примере реакций 9-11.

Система Mg-Al-Si-C-O. При исследовании пироп-карбонатной ассоциации с кианитом (рис. 5) результат расчета выглядит следующим образом: 1) $CO_2 = C + O_2$, 2) $3MgCO_3 + Al_2SiO_5 + 2SiO_2 = Mg_3Al_2Si_3O_{12} + 3C + 3O_2$, 3) $3MgCO_3 + Al_2SiO_5 + 2SiO_2 = Mg_3Al_2Si_3O_{12} + 3CO_2$.

Вероятность образования пиропа с углеродом в этой системе представлена реакциями 2 и 3. Система усложнена введением в MgO и Al_2O_3 без кианита. В новой системе возможно протекание следующих реакций: 1) $CO_2 = C + O_2$ 2) $3MgCO_3 + Al_2O_3 + 3SiO_2 = Mg_3Al_2Si_3O_{12} + 3C + 3O_2$, 3) $MgCO_3 = MgO + C + O_2$, 4) $3MgCO_3 + Al_2O_3 + 3\ SiO_2 = Mg_3Al_2Si_3O_{12} + 3CO_2$, 5) $MgCO_3 = MgO + CO_2$ (рис. 6).

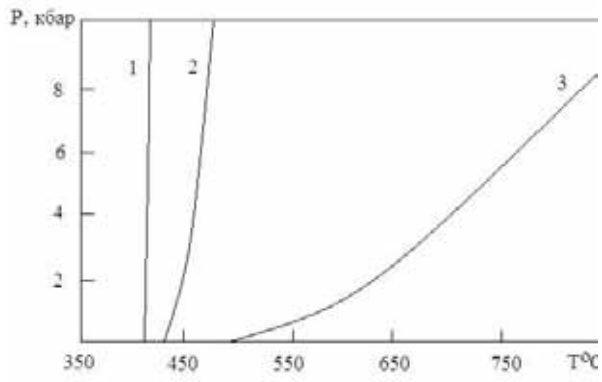


Рис. 5. Система Mg-Al-Si-C-O.

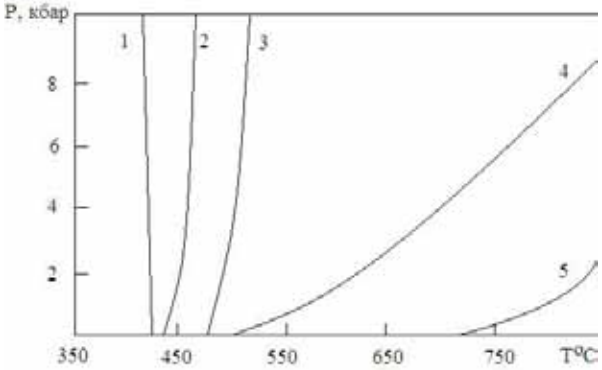


Рис. 6. Система Mg-Al-Si-C-O без кианита.

После введения кианита в систему получены следующие реакции: 1) $CO_2 = C + O_2$, 2) $MgCO_3 = MgO + C + O_2$, 3) $3MgCO_3 + 3Al_2SiO_5 = Mg_3Al_2Si_3O_{12} + 2Al_2O_3 + 3CO_2$, 4) $3MgCO_3 + 3Al_2SiO_5 = Mg_3Al_2Si_3O_{12} + 2Al_2O_3 + 3C + 3O_2$, 5) $Al_2SiO_5 = Al_2O_3 + SiO_2$, 6) $3MgCO_3 + Al_2O_3 + 3SiO_2 = Mg_3Al_2Si_3O_{12} + 3CO_2$, 7) $3MgCO_3 + Al_2SiO_5 + 2SiO_2 = Mg_3Al_2Si_3O_{12} + 3CO_2$, 8) $3MgCO_3 + Al_2O_3 + 3SiO_2 = Mg_3Al_2Si_3O_{12} + 3C + 3O_2$, 9) $3MgCO_3 + Al_2SiO_5 + 2SiO_2 = Mg_3Al_2Si_3O_{12} + 3C + 3O_2$ (рис. 7). Роль магнезита в совместном образовании кианита и графита прослеживается на примере реакций 4, 8, 9. Эта система, в отличие от таковой с альмандином, неравновесна ввиду отсутствия пересечений линий констант равновесия.

Система Ca-Al-Si-C-O. Это простейшая система, содержащая наряду с гроссуляром кианит, кальцит и кварц (рис. 8). Рассчитаны три реакции: 1) $CO_2 = C + O_2$, 2) $3CaCO_3 + Al_2SiO_5 + 2SiO_2 = Ca_3Al_2Si_3O_{12} + 3C + 3O_2$, 3) $3CaCO_3 + Al_2SiO_5 + 2SiO_2 = Ca_3Al_2Si_3O_{12} + 3CO_2$. Не исключено образование графита и гроссуляра.

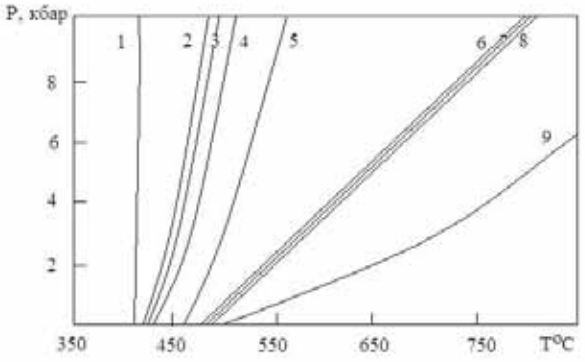


Рис. 7. Система Mg-Al-Si-C-O

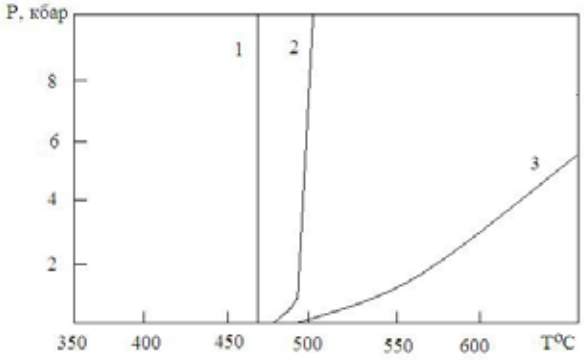


Рис. 8. Система Ca-Al-Si-C-O.

Затем в систему введены Al_2O_3 и CaO. В новой системе возможны девять химических реакций (рис. 9): 1) $CO_2 = C + O_2$, 2) $3CaCO_3 + 3Al_2SiO_5 = Ca_3Al_2Si_3O_{12} + 3C + 2Al_2O_3 + 3O_2$, 3) $3CaCO_3 + Al_2O_3 + 3SiO_2 = Ca_3Al_2Si_3O_{12} + 3C + 3O_2$, 4) $3CaCO_3 + Al_2SiO_5 + 2SiO_2 = Ca_3Al_2Si_3O_{12} + 3C + 3O_2$, 5) $CaCO_3 = CaO + C + O_2$, 6) $3CaCO_3 + 3Al_2SiO_5 = Ca_3Al_2Si_3O_{12} + 2Al_2O_3 + 3CO_2$, 7) $3CaCO_3 + Al_2O_3 + 3SiO_2 = Ca_3Al_2Si_3O_{12} + 3CO_2$, 8) $3CaCO_3 + Al_2SiO_5 + 2SiO_2 = Ca_3Al_2Si_3O_{12} + 3CO_2$, 9) $Al_2SiO_5 = Al_2O_3 + SiO_2$. Установлена функциональная зависимость логарифма константы равновесия от T для реакций 2-4 и 6-8. Роль карбоната кальция в совместном образовании кианита и графита прослеживается на примере реакций 2-4.

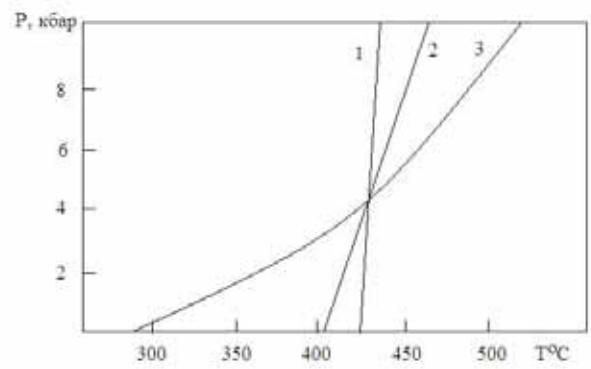


Рис. 9. Система Ca-Al-Si-C-O с Al_2O_3 и CaO.

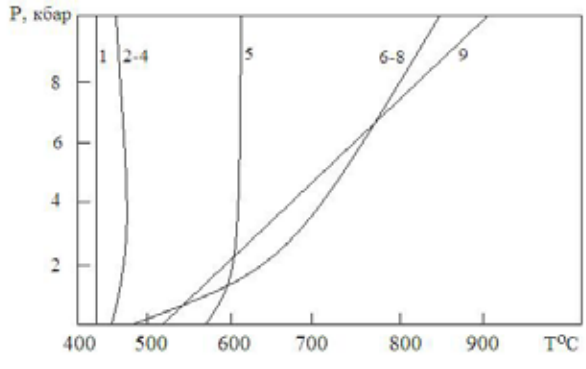


Рис. 10. Система Mn-Al-Si-C-O.

Система Mn-Al-Si-C-O. Рассмотрен вариант системы, содержащей со спессартином кианит, родохрозит и кварц (рис. 10). Рассчитаны три реакции: 1) $CO_2 = C + O_2$, 2) $3MnCO_3 + 2SiO_2 + Al_2SiO_3 = Mn_3Al_2Si_3O_{12} + 3C + 3O_2$, 3) $3MnCO_3 + 2SiO_2 + Al_2SiO_3 = Mn_3Al_2Si_3O_{12} + 3CO_2$. Не исключено образование спессартина и графита. Установлено одно пересечение линий равновесия реакций при T= 423 °C и P =3.9 кбар.

После введения в систему Mn и корунда в ней зафиксированы 13 реакций (рис. 11): 1) $2MnO + 2Al_2O_3 + 6SiO_2 = 2Mn_3Al_2Si_3O_{12} + O_2$, 2) $2MnO + 2Al_2SiO_5 + 4SiO_2 = 2Mn_3Al_2Si_3O_{12} + O_2$, 3) $2MnO + 6Al_2SiO_5 = 2Mn_3Al_2Si_3O_{12} + 4Al_2O_3 + O_2$, 4) $CO_2 = C + O_2$, 5) $3MnCO_3 + Al_2O_3 + 3SiO_2 = Mn_3Al_2Si_3O_{12} + 3CO_2$, 6) $3MnCO_3 + Al_2SiO_5 + 2SiO_2 = Mn_3Al_2Si_3O_{12} + 3CO_2$, 7) $3MnCO_3 + 3Al_2SiO_5 = Mn_3Al_2Si_3O_{12} + 2Al_2O_3 + 3C + 3O_2$, 8) $3MnCO_3 + Al_2SiO_5 + 2SiO_2 = Mn_3Al_2Si_3O_{12} + 3C + 3O_2$, 9) $3MnCO_3 + Al_2O_3 + 3SiO_2 = Mn_3Al_2Si_3O_{12} + 3C + 3O_2$,

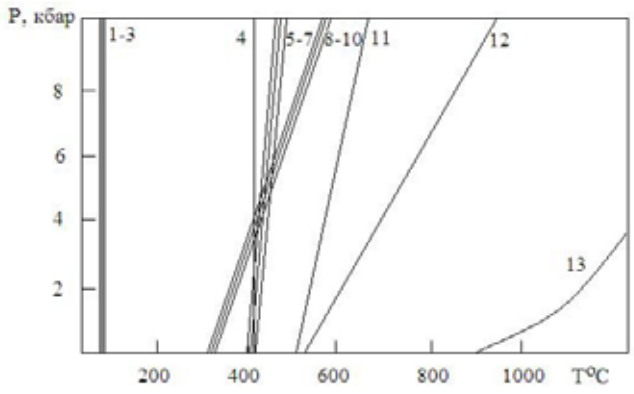


Рис. 11. Система Mn-Al-Si-C-O с Mn и корундом.

10) $3MnCO_3 + 3Al_2SiO_5 = Mn_3Al_2Si_3O_{12} + 2Al_2O_3 + 3CO_2$, 11) $6MnCO_3 = 2MnO + 6C + 5O_2$, 12) $Al_2SiO_5 = SiO_2 + Al_2O_3$, 13) $6MnCO_3 = 2MnO + C + 5CO_2$.

В результате исследования установлено, что в карбонат-алюмосиликатной системе возможно образование гранатов. Наиболее сложны системы с альмандином и спессартином, имеющие равновесия между компонентами в отличие от систем с пиропом и гроссуляром. Во всех рассмотренных системах прослеживается образование гранатов и графита счет карбонатов или продуктов их разложения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бельков И.В. Кианитовые сланцы свиты Кейв. М.-Л.: Изд-во АН СССР, 1963. 320 с.
2. Каржавин В.К. С-Н соотношение в карбонат-алмазообразующей системе // Тр. VII Всерос. Ферсмановской научн. сессии. Апатиты, 3-4 мая 2010 г. Апатиты: Изд-во К & М, 2010. С. 135-138.
3. Мележик В.А., Басалаев А.А., Предовский А.А. и др. Углеродистые отложения ранних этапов развития Земли: геохимия и обстановки накопления на Балтийском щите. Л.: Наука, 1988. 197 с.
4. Berman R.G. Internally-consistent thermodynamic data for minerals in the system Na_2O-K_2O-CaO-Al_2O_3-SiO_2-TiO_2-H_2O-CO_2 // J. Petrol. 1988. V 29. N 2. P 445-522.
5. Berman R.G. Thermobarometry using multiequilibrium calculation: a new technique with petrological applications // Canad. Miner. 1991. V 29. N 4. P 833-855.

ТИТАНОСИЛИКАТНЫЙ НАНОКОНСТРУКТОР НА ОСНОВЕ ПРОТОНИРОВАННОГО КУКИСВУМИТА

Кулакова Г.О.[1], Селиванова Е.А.[1,2], Чернятьева А.П.[3], Кривовичев С.В.[1,3], Яковенчук В.Н.[1,2], Пахомовский Я.А.[1,2], Иванюк Г.Ю.[1,2]

[1] ЦНМ КНЦ РАН, [2] ГИ КНЦ РАН, Апатиты; [3] СПбГУ, С.-Петербург, yakovenchuk@ksc.ru

Акад. Е.А. Ферсман назвал Хибинские тундры «минералогическим музеем». Действительно, число открытых здесь минеральных видов уже достигло 470, а 135 из них описаны здесь впервые [5]. С не меньшим основанием Хибины называют «северной жемчужиной» горно-химической промышленности, поскольку его гигантские месторождения апатита, нефелина, титанита, ринкита в немалой степени обеспечили нашу страну различными стратегическими материалами. В последние годы в этот список вошли микропористые титаносиликаты. Многие из них стали прототипами новых функциональных материалов, все более активно используемых для извлечения радионуклидов и цветных металлов из промышленных стоков, разделения газов, катализа и создания (нано)материалов [1].

Для целей наноматериаловедения особенно интересны слоистые титаносиликаты, возможность использования которых для получения минерально-органических композитов показана в [4], а также сходные с ними каркасные титаносиликаты со слоистым мотивом в расположении структурных единиц [2], к которым относятся представители семейства линтисита-кукисвумита: линтисит $Na_3LiTi_2[Si_4O_{14}] \cdot 2H_2O$, кукисвумит $Na_3Zn_{0.5}[Ti_2Si_4O_{14}]\cdot 2H_2O$, манганокукисвумит $Na_3Mn_{0.5}Ti_2[Si_4O_{14}]\cdot 2H_2O$, пункаруайвит $LiTi_2[Si_4O_{11}(OH)_3]\cdot H_2O$ и елисеевит $Na_{1.5}LiTi_2[Si_4O_{12.5}(OH)_{1.5}]\cdot 3H_2O$.

В основе кристаллической структуры минералов семейства линтисита-кукисвумита лежит пятиэтажный титаносиликатный блок T-O-T-O-T [8], в котором тетраэдрические T-слои сформированы пироксеноподобными Si_2O_6 цепочками кремнекислородных тетраэдров, чередующимися в шахматном порядке с брукитоподобными цепочками титанокислородных октаэдров (рис. 1а). Блоки связаны «сшивающими» тетраэдрами LiO_4, ZnO_4, MnO_4 (линтисит-пункаруайвит, кукисвумит и манганкукисвумит) или октаэдрами LiO_6 (елисеевит) [6]. В случае тетраэдрической координации сшивающих катионов между титаноси-

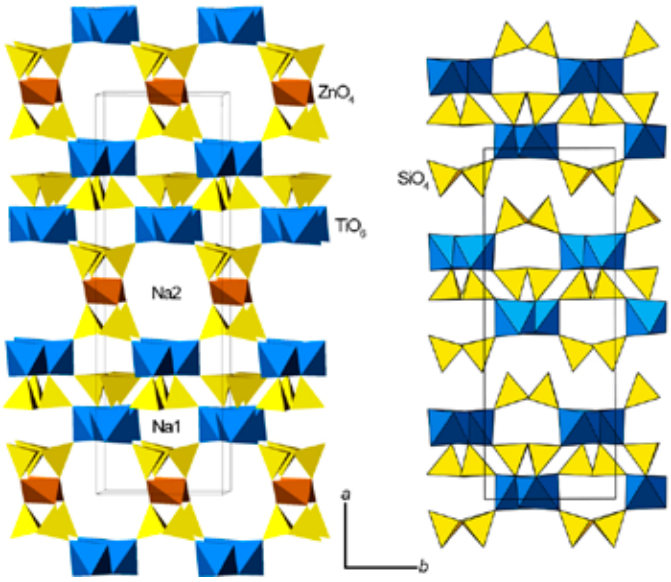


Рис. 1. Кристаллическая структура кукисвумита (а) и продукта его протонирования К3 (б).

ликатными блоками образуются широкие (КСД[1] ≈ 3.9 Å) каналы вдоль оси с. В структуре линтисита, пункаруайвита, кукисвумита и манганокукисвумита имеются две позиции ионов Na: в сравнительно узких каналах между брукитоподобными цепочками (Na1) и крупных каналах между отдельными титаносиликатными блоками (Na2). Позиция Na1 полностью заполнена атомами Na. Позиция Na2 в линтисите, кукисвумите и манганокукисвумите заселена в пропорции 50/50 % атомами Na и молекулами воды, в пункаруайвите здесь локализуется только вода [7], а в елисеевите – катионы Li в октаэдрической координации [6].

Состав пункаруайвита может быть получен из состава линтисита протонированием: $Na^+ + O^{2-} \rightarrow (OH)^-$. Логично предположить, что обработка линтисита или кукисвумита кислотой приведет к образованию пункаруайвита или его Zn аналога, усилив довольно слабые катионообменные свойства исходных титаносиликатов. Но в эксперименте с 0.5М соляной кислотой установлено, что вместе с ионами Na удаляется и Zn, вследствие чего отдельные титаносиликатные блоки коллапсируют, смещаясь друг относительно друга примерно на половину толщины брукитоподобной цепочки, и удерживаются в конденсированном состоянии водородными связями (рис. 1 б). Такое, образовавшееся по схеме «монокристалл в монокристалл» соединение К3, не содержит и молекулярной воды: $(Na_{0.01}K_{0.01})_{\Sigma 0.02}[(Ti_{1.94}Nb_{0.01}Fe^{3+}_{0.02})_{\Sigma 1.97}Si_4O_{9.88}(OH)_{4.12}]$. Видимых изменений претерпевшие такое преобразование кристаллы не проявляют. Кристаллическая структура К3 более компактна по сравнению с таковой кукисвумита и уже не имеет крупных каналов, обусловливающих обменные свойства микропористых титаносиликатов. Зато появляется возможность интеркалирования катионов или целых молекул между отдельными титаносиликатными наноблоками для создания кристаллических соединений по принципу «наноконструктора».

Для проверки столь заманчивой перспективы получено достаточное количество К3, свободного от Zn, Na и молекулярной воды, посредством обработки природного кукисвумита, тщательно очищенного под бинокулярной лупой от вростков виноградовита и эгирина, 0.5 М соляной кислотой в течение 6 ч при комнатной температуре. Далее проведено несколько серий экспериментов по взаимодействию К3 с 0.001 М водными растворами солей Li, Ca, Sr, Ba, Zn, Ni и Cs в присутствии катионов Na. Значения pH выбирались в интервале 6-7, оптимальном для сорбирования ионов Sr в синтетическом аналоге линтисита АМ-4 [3]. Исследуемые образцы находились в растворах в течение 12 дней при температуре 35-40 °C, атмосферном давлении и периодическом перемешивании. После обработки образцы, не претерпевшие видимых изменений, промывались дистиллированной водой, сушились на воздухе при комнатной температуре и изучались методами рентгеноструктурного анализа и электронной микроскопии.

Рентгенофазовый анализ порошка получившихся фаз во всех случаях зафиксировал близость их кристаллической структуры к таковой К3, лишь в случае эксперимента с раствором $Ca(OH)_2$ + NaOH на дебаеграммах появились 1-2 слабые дополнительные линии. Распределение элементов в объеме зерен изучалось на СЭМ LEO-1450 с энергодисперсионной электронно-зондовой приставкой RÖNTEC (ГИ КНЦ РАН), после чего при помощи волнодисперсионного электронно-зондового микроанализатора MS-46 Cameca определялся их состав (табл. 1).

Кристаллическая структура К3, выдержанных в 0.001М растворах LiCl + NaOH и $Ca(OH)_2$ + NaOH изучена с помощью монокристальных дифрактометров STOE IPDS II и Bruker APEX II CCD на кафедре кристаллографии Санкт-Петербургского госуниверситета. В обоих случаях поглощение катионов привело к образованию новых кристаллических соединений с отличной от К3 элементарной ячейкой, в которой изменяется параметр *a*, параметры b и c остаются неизменными. Судя по объему ячейки, в Li-содержащем

[1] Кристаллографический свободный диаметр.

растворе фаза К3 трансформировалась в пункаруайвитоподобное соединение (табл. 2), подтвердив гипотезу о возможности образования минералов семейства линтисита-кукисвумита путём самосборки титаносиликатных наноблоков [5].

Таблица 1. Состав кукисвумита, К3 и продуктов его взаимодействия с растворами солей.

Образец	Раствор	Концентрация раствора, моль/л	pH	Эмпирическая формула Si + Al = 4
Кукисвумит				$Na_{3.22}(Zn_{0.33}Mn_{0.12})_{\Sigma 0.45}Ti_{1.89}Si_4O_{13.66}(OH)_{0.34}\cdot 1.89H_2O$
К3				$(Na_{0.01}K_{0.01})_{\Sigma 0.02}(Ti_{1.94}Nb_{0.01}Fe^{3+}_{0.02})_{\Sigma 1.97}Si_4O_{9.88}(OH)_{4.12}$
Обработанный К3	$NaOH + Ca(OH)_2$	0.1	12.67	$(Na_{1.53}Ca_{0.19}K_{0.03})_{\Sigma 1.75}(Ti_{1.79}Nb_{0.10}Fe^{3+}_{0.01})_{\Sigma 1.9}(Si_{3.81}Al_{0.19})_{\Sigma 4}O_{11.48}(OH)_{2.52}\cdot nH_2O$
		0.01	11.99	$(Na_{1.50}Ca_{0.50}K_{0.03})_{\Sigma 2.03}(Ti_{1.76}Nb_{0.10}Fe^{3+}_{0.01})_{\Sigma 1.87}(Si_{3.82}Al_{0.18})_{\Sigma 4}O_{11.92}(OH)_{2.08}\cdot nH_2O$
	$ZnCl_2 + NaOH$	0.001	6.51	$(Na_{0.47}K_{0.01}Ca_{0.02})_{\Sigma 0.50}Zn_{0.02}(Ti_{1.78}Nb_{0.03}Fe_{0.02})_{\Sigma 1.83}Si_4O_{9.90}(OH)_{4.10}\cdot 1\text{-}2H_2O$
	$SrCl_2 + NaOH$	0.001	6.53	$(Na_{0.15}K_{0.01})_{\Sigma 0.16}Zn_{0.01}(Ti_{1.81}Nb_{0.03}Fe_{0.06})_{\Sigma 1.90}Si_4O_{9.72}(OH)_{4.28}\cdot nH_2O$
	$NiCl_2 + NaOH$	0.001	6.2	$(Na_{0.81}Ca_{0.05}K_{0.04})_{\Sigma 0.90}(Ti_{1.89}Nb_{0.14}Fe_{0.03})_{\Sigma 2.06}Si_4O_{11.35}(OH)_{2.65}\cdot nH_2O$
	$LiCl + NaOH$	0.001	6.6	$(Na_{1.30}Ca_{0.07}K_{0.04})_{\Sigma 1.41}Li_x(Ti_{1.79}Nb_{0.12}Fe_{0.07})_{\Sigma 1.98}(Si_{3.82}Al_{0.18})_{\Sigma 4}O_{11.25}(OH)_{2.75\text{-}x}\cdot nH_2O$
	$BaCl_2 + NaOH$	0.001	6.42	$(Na_{0.47}Ca_{0.02}K_{0.01})_{\Sigma 0.50}Zn_{0.02}(Ti_{1.78}Nb_{0.03}Fe_{0.02})_{\Sigma 1.83}Si_4O_{9.90}(OH)_{4.10}\cdot nH_2O$
	CsCl	1	7.0	$(Cs_{0.10}Na_{0.08}Mn_{0.02})_{\Sigma 0.20}Ti_{1.92}Si_4O_{9.92}(OH)_{4.08}\cdot nH_2O$
	CsCl+ NaOH	0.001	11.38	$(Na_{1.36}K_{0.01}Cs_{0.12})_{\Sigma 1.49}(Ti_{1.90}Fe_{0.06}Nb_{0.04})_{\Sigma 2.00}(Si_{3.96}Al_{0.04})_{\Sigma 4}O_{11.40}(OH)_{2.60}\cdot 2.10H_2O$

Таблица 2. Параметры кристаллической ячейки кукисвумита, К3 и продуктов его взаимодействия с растворами солей.

Минерал	Пункаруайвит	Кукисвумит	К3	$K3 + NaOH + Ca(OH)_2$	K3 + LiCl + NaOH
Сингония	Моноклинная	Ромбическая	Ромбическая	Ромбическая	Моноклинная
Пр. группа	C2/c	Pccn	$P2_1/c$	?	?
a(Å)	26.68	28.89	23.493	4.3129	11.8716
b(Å)	8.75	8.60	8.765	8.5855	8.7727
c(Å)	5.24	5.22	5.2199	5.2246	5.2422
α°	90	90	90	90	90
β°	91.2	90	90	90	111.507
γ°	90	90	90	90	90
V(Å3)	1223.01	1296.25	1074.90	193.46	507.95

Основным результатом исследований является экспериментальное доказательство обратимости трансформации микропористых титаносиликатов семейства кукисвумита в компактное соединение К3 по схеме «монокристалл в монокристалл». Это первый в неорганической химии пример такого рода, открывающий перспективы создания новых кристаллических соединений с заданными свойствами путём самосборки титаносиликатных наноблоков.

Авторы признательны А.В. Базай и Е.Э. Савченко за помощь при электронно-микроскопических исследованиях. Исследования проводились при финансовой поддержке ОАО «Апатит».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Николаев А.И., Иванюк Г.Ю., Кривовичев С.В. и др. Нанопористые титаносиликаты: кристаллохимия, условия локализации в щелочных массивах и перспективы синтеза // Вестник КНЦ РАН. 2010. № 3. С. 51-62.

2. Casado C., Ambroj D., Mayoral A. et al. Synthesis, swelling, and exfoliation of microporous lamellar titanosilicate AM-4 // Eur. J. Inorg. Chem. 2011. P 2247-2253.
3. Decaillon J.G., Andres Y., Mokili B.M. Study of the ion exchange selectivity of layered titanosilicate $Na_3(Na,H)Ti_2O_2[Si_2O_6]\cdot 2H_2O$, AM-4 for strontium.
4. Ferraris G. Heterophyllosilicates, a potential source of nanolayers for material science // Ed. S.V. Krivovichev. Minerals as advanced materials I. Berlin-Heidelberg: Springer-Verlag, 2008. P 157-163.
5. Ivanyuk G.Yu., Yakovenchuk V.N., Pakhomovsky Ya.A. Where are new minerals hiding? The main features of rare mineral localization within alkaline massifs // Ed. S.V. Krivovichev. Minerals as advanced materials II. Berlin-Heidelberg; Springer-Verlag, 2012. P 13-24.
6. Yakovenchuk V.N., Ivanyuk G.Yu., Krivovichev S.V. Eliseevite $Na_{1.5}Li[Ti_2Si_4O_{12.5}(OH)_{1.5}]\bullet 2H_2O$, a new microporous titanosilicate from the Lovozero massif, Kola Peninsula, Russia // Amer. Miner. 2011. V 96. P 1624-1629.
7. Yakovenchuk V.N., Ivanyuk G.Yu., Pakhomovsky et al. Punkaruaivite $LiTi_2[Si_4O_{11}(OH)](OH)_2\bullet H_2O$, a new mineral species from hydrothermal assemblages, Khibiny and Lovozero alkaline massifs, Kola Peninsula, Russia // Canad. Miner. 2010. V 48. P 41-50.
8. Yakovenchuk V.N., Krivovichev S.V., Pakhomovsky Ya.A. et al. Microporous titanosilicates of the lintisite-kukisvumite group and their transformation in acidic solutions // Ed. S.V. Krivovichev. Minerals as advanced materials II. Berlin-Heidelberg; Springer-Verlag, 2012. P 229-238.

ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ПЕРЕРАБОТКИ ПРИРОДНОГО И ТЕХНОГЕННОГО СЫРЬЯ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА СТРОЙМАТЕРИАЛОВ В ТРУДАХ ПРОФ. В.Н. МАКАРОВА И ЕГО УЧЕНИКОВ

Лащук В.В. [1], Суворова О.В. [1], Кременецкая И.П. [1], Макаров Д.В. [2]

[1] ИХТРЭМС КНЦ РАН, [2] ИППЭС КНЦ РАН, Апатиты, laschuk@chemy.kolasc.net.ru, makarov@inep.ksc.ru

На небольшой территории Мурманской обл. функционирует развитый горно-промышленный комплекс по добыче и переработке минерального сырья. В 1930-х гг. объектами промышленного освоения послужили апатит-нефелиновые месторождения Хибин и Cu-Ni месторождения Мончи. С послевоенного периода и до настоящего времени интенсифицируется добыча руд на старых предприятиях и вовлекаются в эксплуатацию новые месторождения. Дугообразная полоса хибинских апатит-нефелиновых месторождений простирается с СЗ от руч. Куэльпорр'йок на ЮВ до руч. Олений. Cu-Ni месторождения Мончи отработаны в 1970-х, сегодня эксплуатируется Печенгское рудное поле, месторождения которого располагаются в виде дугообразной полосы от г. Заполярный до пос. Никель. Вблизи Оленегорских месторождений железистых кварцитов, Ковдорских месторождений комплексных руд и Ловозерских редкометалльных месторождений построены новые горно-промышленные производства и города. Конечной продукцией горно-перерабатывающих предприятий являются концентраты минералов. Преобладающая часть добытого сырья складируется в отвалы и хранилища отходов обогащения. Они занимают огромные площади и оказывают отрицательное влияние на окружающую среду [8]. Ранние исследования (1953-73 гг.) под руководством Д.Д. Теннера в Лаборатории строительных материалов Геологического института, а затем в Мончегорской группе лабораторий Института химии КФ АН СССР показали возможность получения на основе металлургических шлаков комбината «Североникель» Mg-Fe вяжущих, стекла, шлаковатных изделий и керамических связок для абразивного инструмента (Гуревич, 1968, Зосин, 1975, Россинский, 1953, Брянцев, 1964), на основе печенгских доломитов и кварцевых отходов Оленегорского ГОКа – автоклавного силикатного кирпича (Брянцева, 1968) [6].

Второе дыхание получили исследования техногенных отходов для производства строительных и технических материалов после возвращения в Отдел технологии строительных материалов ИХТРЭМС КНЦ РАН в 1987 г. В.Н. Макарова. Проанализировав результаты исследований ОТСМ в области технологической минералогии, в 1994 г. он защитил диссертацию на соискание учёной степени доктора технических наук на тему «Оценка и управление качеством горнопромышленных отходов при переработке их в строительные материалы». Проф. В.Н. Макаров как основатель геоэкологического направления в области строительных материалов рассматривал горно-промышленные отходы как попутно добываемое сырье, нетрадиционное для производства строительных и технических материалов. Использование этой многотон-

нажной продукции позволит снизить затраты на производство минеральных концентратов, эксплуатацию хранилищ, сократить количество карьеров по добыче сырья для получения строительных материалов и уменьшить влияние техногенных образований на прилегающую территорию. Теоретические основы проблемы переработки горнопромышленных отходов представлены в монографии [3]. В ней формулируются понятия о нетрадиционом минеральном сырье для производства строительных и технических материалов, характере неоднородности некондиционного сырья, методах управления его качеством в процессе добычи и переработки, а также прогнозирование отрицательного влияния на окружающую среду при длительном хранении.

Под руководством проф. В.Н. Макарова изучены твердые горнопромышленные отходы, заскладированные на территории Мурманской обл.: вскрышные породы рудников, отходы обогащения руд, металлургические и топливные шлаки. Установлена возможность получения из них ряда строительных и технических материалов: облицовочных изделий, щебня из печенгских габброидов и хибинских нефелиновых сиенитов (Лащук, 1998), стеклокристаллических и керамических материалов (Суворова, 1999), портландцементного клинкера (Тюкавкина, 2000), жаростойких конструкционно-теплоизоляционных материалов из отходов обогащения ковдорского вермикулита (Бастрыгина, 2002), минераловатных изделий улучшенного качества из шлаков переработки сульфидных Cu-Ni руд комбината «Североникель» (Захарченко, 2004), магнийсодержащего мелиоранта из ковдорского оливинитового концентрата (Манакова, 2005) [2, 4, 6, 7].

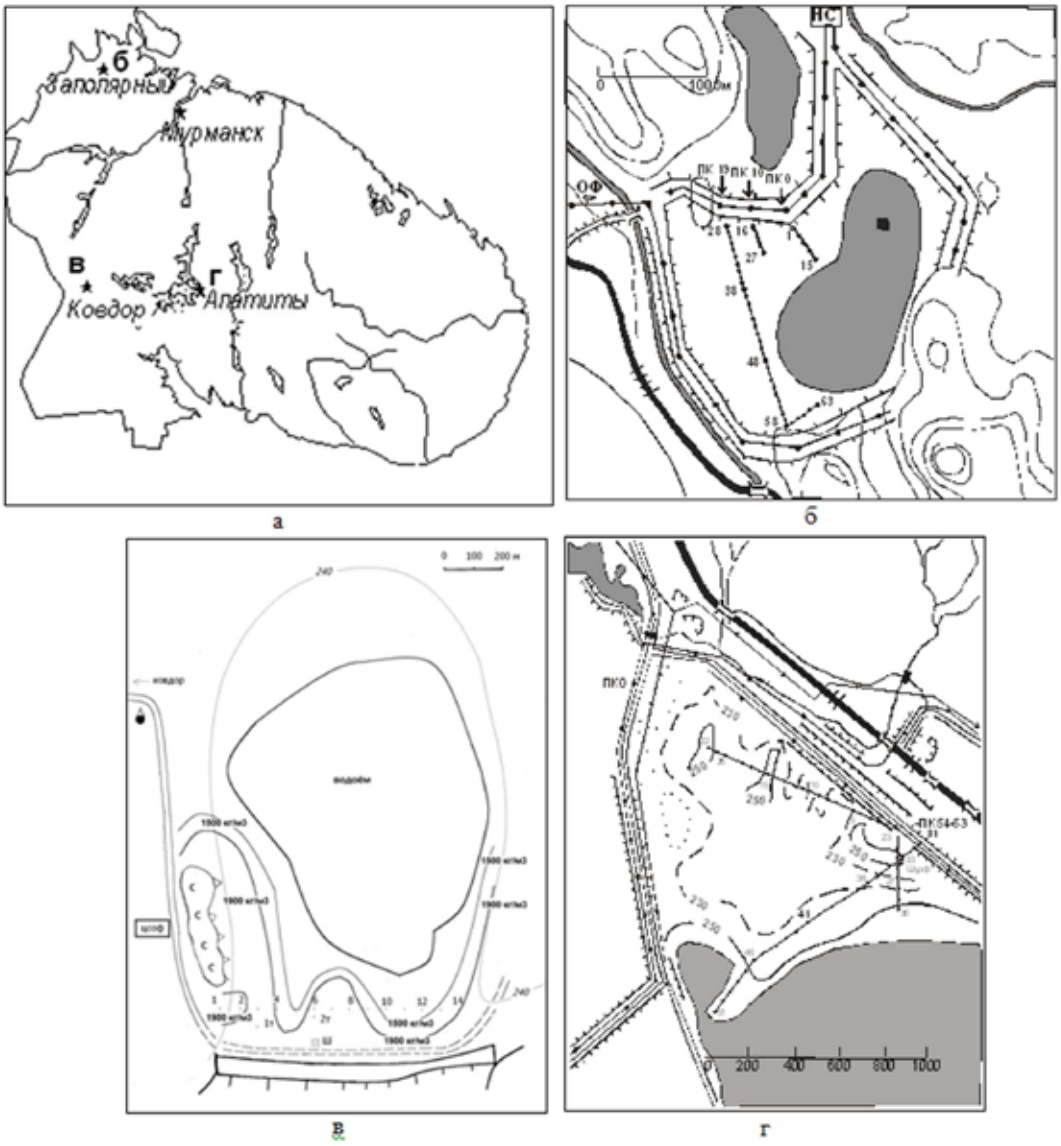


Рис. 1. Хранилища отходов обогащения руд. а – общая схема; хранилища: б – обогатительной фабрики ГМК «Печенганикель», в – цеха сухой обработки флогопита ОАО «Ковдорслюда», г – АНОФ-2 ОАО «Апатит».

Серьезную опасность для окружающей среды представляют отходы обогащения руд, заскладированные в хвостохранилищах Мурманской обл. Это гидротехнические сооружения намывного типа, обычно с системой оборотного водоснабжения, размером 1-15 км^2. Они содержит миллионы тонн тонкоизмельченного химически активного глинисто-песчанистого грунта. Основными факторами загрязнения окружающей территории являются фильтрация воды, пыление пляжных песков в летний период года. На рисунке 1 даны схемы изученных нами хранилищ отходов обогащения руд Мурманской области.

Исследования горнопромышленных отходов имеют комплексный характер. Особое место занимают геоэкологические исследования, начальный этап которых включает полевое опробование техногенного образования, последующее изучение минерального, химического и гранулометрического составов, определение инженерно-геологических, радиационно-гигиенических характеристик грунтов, физико-химических показателей поровых растворов. Методологические особенности исследований техногенного сырья приведены на рисунке 2.

Рис. 2. Методологические особенности исследований техногенного сырья [1].

В результате проведенных под руководством проф. В.Н. Макарова геоэкологических исследований решены следующие научные задачи: изучены процессы электрохимического окисления сульфидов в заскладированных горнопромышленных отходах ГМК «Печенганикель», их влияние на окружающую среду и качество техногенных месторождений (Васильева, 1999); разработана классификация радиационно-безопасного использования отходов Кольского горно-промышленного комплекса для производства строительных материалов (Мельник, 2001), разработаны методы утилизации и обезвреживания отходов обогащения Cu-Ni руд (Кременецкая, 2003) и дано теоретическое и экспериментальное обоснование химических превращений сульфидов в техногенных отходах и изучение влияния продуктов окисления минералов на их технологические свойства и окружающую среду (Макаров, 2006) [6], разработана система управления отходами горнопромышленного комплекса, оценен экономический эффект от доизвлечения рудных компонентов, использования защитных экологических мероприятий и реализации строительных материалов (рис. 3).

В настоящее время геоэкологические исследования отходов обогащения, заскладированных в хранилищах Кольского горнопромышленного комплекса, продолжаются. Ученики проф. В.Н. Макарова сотрудничают с учеными Института проблем комплексного использования недр РАН (Чантурия В.А., Вигдергауз В.Е.), Института минералогии УрО РАН (Белогуб Е.В., Потапов С.С.), Кольского НЦ РАН: Геологического (Дудкин О.Б.), Горного (Месяц С.П.), Института проблем промышленной экологии Севера (Маслобоев В.А., Мазухина С.И., Макаров Д.В.), Полярного ботанического сада-института (Иванова Л.А.); Карельского НЦ РАН: Института геологии (Скамницкая Л.С., Бубнова Т.П.), Института водных проблем Севера (Калинкина Н.М.).

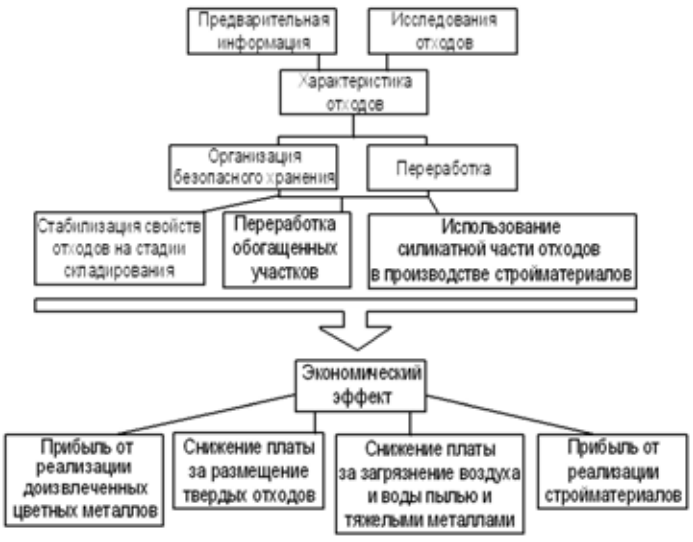


Рис. 3. Система управления отходами горнопромышленного комплекса и слагаемые экономического эффекта [1].

К работам проявляют интерес и содействуют проведению исследований горно-промышленные предприятия Мурманской обл.: ОАО «Кольская ГМК», «Ковдорский ГОК», «Ковдорслюда», «Апатит» и «ОЛКОН».

Работа выполнена при поддержке Программы РАН № 27 «Фундаментальный базис инновационных технологий прогноза, оценки, добычи и глубокой комплексной переработки стратегического минерального сырья, необходимого для модернизации экономики России».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Геоэкологические проблемы переработки природного и техногенного сырья. Сб. научн. статей памяти проф. В.Н. Макарова / Ред. Макаров Д.В., Суворова О.В. Апатиты: Изд-во «Вектор», 2007. 140 с.
2. Калинников В.Т., Макаров В.Н., Кременецкая И.П. Классификация горнопромышленных отходов по степени их экологической опасности // Химия в интересах устойчивого развития. 1997. Т. 5. № 2. С. 169-178.
3. Макаров В.Н. Экологические проблемы хранения и утилизации горнопромышленных отходов. Апатиты: Изд-во КНЦ РАН, 1998. Ч. 1. 126 с. Ч. 2. 146 с.
4. Макаров В.Н., Лащук В.В. Горнопромышленные отходы как сырье для производства строительного щебня. Апатиты: Изд-во «Вектор», 2007. 162 с.
5. Макаров Д.В., Суворова О.В. Геоэкологические исследования в Институте химии КНЦ РАН под рук. проф. В.Н. Макарова // Матер. II Межд. научн. конф. «Проблемы рационального использования природного и техногенного сырья Баренцева региона в технологии строительных и технических материалов». Петрозаводск: Изд-во КарНЦ РАН, 2005. С. 111-114.
6. Учёные Кольского научного центра. 1930-2005. Апатиты: Изд-во КНЦ РАН, 2006. 400 с.
7. Чантурия В.А., Макаров В.Н., Макаров Д.В. Экологические и технологические проблемы переработки техногенного сульфидсодержащего сырья. Апатиты: Изд-во КНЦ РАН, 2005. 218 с.
8. Экологический атлас Мурманской обл. / Ред. И.А. Вишняков, Г.В. Калабин, Т.Д. Макарова и др. Москва-Апатиты: Изд-во ЭКОР, 1999. 48 с.

ИНСТРУМЕНТАРИЙ МАРКЕТИНГА САМОЦВЕТОВ

Лузин В.П.

Мурманский государственный технический университет, Мурманск, luzin@narod.ru

В маркетинге под инструментарием понимается комплекс мероприятий, разрабатываемый в отношении товара (в том числе создания новых товаров с улучшенными потребительскими свойствами), цены, реализации и коммуникации. Эти основные инструменты маркетинговой деятельности называются также комплексом маркетинга [1]. Камнесамоцветное сырье, являясь природным ресурсом, требует не меньших маркетинговых усилий, чем маркетинг товаров, произведенных на основе технологий. Это объясняется значением качества исходного материала для производства других товаров. Разработка комплекса маркетинга должна исходить из выбора вида изделия, который тесно взаимосвязан с видом сырья (табл.) [3].

Инструменты маркетинга в отношении товара. В деятельности любого предприятия важную роль играет ассортимент продукции. Управление ассортиментом затрагивает сферы производства, материально-технического снабжения, финансирования, сбыта продукции и управления предприятием. Сущность управления ассортиментом заключается в предложении товаров потребителю в необходимых количествах в правильно выбранное время. Практически нет предприятий, производящих и реализующих всего один товар. Некоторые предприятия ограничивают свою деятельность производством близких по назначению изделий. Руководству предприятий необходимо должным образом относиться к вопросам товарной политики, а ее отсутствие приводит к тому, что решения по ассортименту принимаются ввиду уже сложившихся обстоятельств, причем основаны они на интуиции.

Рассмотрим основные факторы, определяющие формирование ассортимента продукции. Первым являются маркетинговые исследования. Основная роль исследования заключается в использовании уже существующих знаний для разработки новых или совершенствования существующих товаров и технологических процессов. Исследования представляют собой движущую силу, при действии которой происходят изменения товарного ассортимента.

Второй фактор – изменения в товарном ассортименте конкурентов. Следует учитывать выпуск товаров предприятиями конкурентов. Предприятия осваивают новый ассортимент продукции, что влечет за

собой изменения на рынке. А они могут повлечь негативные результаты для производителя, если он не примет мер, чтобы в течение возможно короткого периода времени свести к нулю действия конкурента и при возможности превзойти его. Разумными являются проведения маркетинговых исследований по созданию новых товаров, появление которых делает ныне выпускаемый ассортимент устаревшим.

Таблица. Инструментарий маркетинга самоцветов.

Изделие и название самоцвета			
Инструменты маркетинга в отношении товара	Инструменты маркетинга в отношении цены	Инструменты маркетинга в отношении реализации	Инструменты политики коммуникации
1. Маркетинговые исследования – для существующих товаров – для новых товаров 2. Изучение ассортимента товаров конкурентов 3. Спрос 4. Качество 5. Свойства – физические – символические – эмоциональные 6. Упаковка – материал – форма 7. Маркировка – название – величина (масса в каратах или граммах) – данные по товару: кто, когда, где произвел 8. Эффект – новинка – оправа – вид металла – ноу-хау, например, самоцвет года	1. Ценовая политика 2. Ценообра-зование – расчетные объемы продаж – анализ цен товаров конкурентов – методы ценообразования 3. Скидки с цены 4. Установление окончательной цены 5. Установление цены на новинку	1. Хранение 2. Поставка – организация поставок 3. Продажа 4. Каналы сбыта – прямой сбыт – оптовая торговля – розничная торговля	1. Стимулирование сбыта – пробные предложения – выставки – ярмарки 2. Реклама – реклама в средствах массовой информации – стенды – каталоги – фильмы 3. Работа с общественностью – контакты с прессой, радио и телевидением – юбилейные издания 4. Персональная работа с покупателем – аргументация продавца – образцы – продажи-презентации

Численность конкурентов со временем меняется. Увеличение их числа вызывает ужесточение конкуренции и уменьшение размеров прибыли. Рост числа конкурентов характерен для отраслей, не требующих больших издержек на начальных этапах деятельности. Иллюстрацией этого вывода является резкий рост числа малых предприятий по обработке камня, чему способствовали развитая камнесамоцветная сырьевая база страны, большой потребительский спрос на изделия из камня, который не уменьшается с течением времени.

Третьим фактором формирования товарного ассортимента является изменение спроса, в т.ч. его некоторое падение на отдельные товары. Причинами могут быть изменения в ассортименте продукции предприятий-поставщиков, дефицита материалов, компонентов и сырья, значительное повышение их цены, изменения в технологии производства и др. Помощь в определении направления и интенсивности развития тенденций спроса на товарную продукцию могут оказать маркетинговые исследования.

Качество товара – необходимое и обязательное требование потребителя к изделию. Как следствие разнообразия потребностей степень совершенства каждого товара должна задаваться для каждого сегмента рынка, т.е. должна опираться на сегментирование рынка. В [2] указаны 8 составляющих качества товара: функциональное соответствие, дополнительные функции, соответствие, надежность, долговечность, сервис, эстетичность, воспринимаемое качество. Применительно к изделиям из самоцветов необходимо следующим образом пояснить эти элементы.

1. Функциональное соответствие – способность товара правильно выполнять базовую функцию. Ювелирные изделия служат украшением тела и одежды, камнерезные – украшением жилища и офисов, облицовочная плитка придает красивый вид зданиям, помещениям и сооружениям.

2. Дополнительные функции – диапазон возможностей товара, кроме базовой функции. Так, ювелирные изделия, кроме функции украшения, служат в качестве «своего самоцвета» по рождению, по территории, как талисман и амулет.

3. Соответствие – соблюдение норм и стандартов на заявленном уровне. Для изделий отечественных производителей можно отметить встречающееся иногда несоблюдение норм: некачественное крепление металлической гарнитуры к камню (шкатулки, подсвечники) или камня в ювелирном изделии (кольца); недостаточная степень полировки (лицевая сторона изделия, обратная сторона крышки шкатулки).

4. Надежность – отсутствие поломок или дефектов в течение длительного срока.

5. Долговечность – полезный срок службы товара или частота его использования до выхода из строя. Камень вечен, по крайней мере, должен служить вечно. Единственным мотивом выхода изделия с применением камня из употребления может служить моральное старение оправы, которую можно заменить оправой современной.

6. Относительно сервиса можно порекомендовать предпринимателям, работающим в сфере самоцветов, организовать ремонт ювелирных изделий. В настоящее время фирмы, продающие изделия, и фирмы, производящие их ремонт – это разные организации.

7. Эстетичность – цвет, дизайн, привлекательный вид. Эстетичность – субъективная составляющая, но потребители могут единодушно отметить, например, слабое использование возможностей по подбору рисунка. Его можно составить, используя природные данные пейзажного камня (яшма, агат, родонит) и подгоняя соответствующим образом составные элементы изделия.

8. Воспринимаемое качество – репутация, имидж товара или марки. Вряд ли в настоящее время можно назвать предприятие в России, продукция которого раскупалась хотя бы в небольшом объеме именно как продукция марочная. Камень должен иметь популярность, для этого необходимо обладать хорошей репутацией. В истории известны случаи, когда некоторые самоцветы имели дурную репутацию. Спрос на них падал, красивые, оригинальные самоцветы попадали в опалу. Так, в России считается, что александрит – вдовий камень. И хотя смысл заключается в том, что александрит нужно носить в паре с другим александритом, слово «вдовий» невольно отталкивает от камня. А ведь камень сам по себе чудесный, обладает способностью изменять цвет в зависимости от освещения. Незаслуженно нелюбим опал – один из немногих, обладающих игрой света. Она великолепна на фоне цвета, который может быть разнообразным. Корни холодного отношения к опалу уходят в прошлое, установить истину теперь довольно трудно.

Популярность камня, таким образом, может влиять на решение о покупке. Если потребитель не хочет иметь непопулярный самоцвет, он не приобретет их даже за низкую цену. «Хочу, чтобы у меня был этот камень» – вот главная мысль, желание, которые появляются у потребителя, если камень действительно красив, хорош по цвету, форме, прозрачности или рисунку и популярен. То же относится к изделию. Красота, популярность, свойства, мода – вот отправные пункты для принятия решения о приобретении камня. При разработке изделия производитель обращает внимание на свойства камня, играющие роль при огранке, шлифовке и полировке, а также на свойства, благодаря которым камень применяется в технических целях. Эффект могут придать марочные названия, новое изделие, вид оправы, особое ноу-хау. Опыт показывает, что наиболее дорогие изделия с применением драгоценного металла и камня имеют и более эстетичную упаковку, для менее дорогих изделий упаковка не применяется или используются картонные коробки. Маркировка изделий обязательна, как и при производстве других товаров, с указанием названия, сорта, массы в каратах для драгоценных и ювелирных или в граммах для других камней, а также данных: кто, когда и где произвел.

Инструменты маркетинга в отношении цены. Цена – важнейший критерий покупки. Инструменты маркетинга в отношении цены включают в себя ценовую политику, ценообразование, скидки с цены, установление окончательной цены и установление цены на новинку. Цены учитывают качество сырья, требуют более полного и точного учета потребительских свойств различных видов сырья.

Инструменты маркетинга в отношении реализации. Реализация товара включает в себя несколько операций: хранение, поставку, продажу с учетом каналов сбыта. Реализация сырья имеет некоторые особенности по сравнению с другими товарами. Покупатель сырья приобретает его для последующей переработки в конкретный продукт, поэтому он заинтересован в подписании долгосрочного договора для обеспечения непрерывности процесса производства. Продавец заинтересован в устойчивом сбыте, поэто-

му он также стремится к заключению долгосрочного договора. Продавец и покупатель ориентируются на равномерные поставки сырья, стремясь организовать работу так, чтобы складское хозяйство работало ритмично.

Инструментам политики коммуникации принадлежит особая роль. Реклама является важным регулятором рыночной системы, но до настоящего времени остаются проблемными стиль рекламы и уровень рекламных расходов. Последний ставит барьеры, непреодолимые для малых предприятий. Важной является имидж-реклама, т.е. реклама предприятия. Наиболее распространенным в России инструментом коммуникативной политики являются выставки и ярмарки изделий с самоцветами во многих городах в течение всего года. К ним относятся ежегодная Московская международная ярмарка драгоценных металлов, драгоценных и поделочных камней и ювелирных изделий «Ювелир» (культурно-выставочный центр «Сокольники»), Международная выставка товаров народного потребления «Быт и мода» (выставочный комплекс ЗАО «Экспоцентр», Красная Пресня, г. Москва), международная Познаньская ярмарка (Польша) и некоторые другие. На Кольском п-ове признание получила выставка «Каменный цветок», проводимая ежегодно в г. Апатиты. В выставке участвуют производители изделий и торговые организации Мурманской обл. и других регионов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Котлер Ф. Основы маркетинга. СПб.: АО «Коруна», АОЗТ «Литера плюс», 1994. 700 с.
2. Ламбен Ж.-Ж. Стратегический маркетинг. СПб.: Наука, 1996. 589 с.
3. Лузин В.П. Маркетинг на предприятиях горнопромышленного комплекса. Дис. уч. ст. к.э.н. Апатиты: ИЭП КНЦ РАН, 1999. 153 с.

МАРКЕТИНГ МИНЕРАЛЬНОГО СЫРЬЯ КАК НАУЧНАЯ ДИСЦИПЛИНА

Лузин В.П.

Мурманский государственный технический университет, Мурманск, luzin@narod.ru

Изучение минерального сырья – многогранный процесс, включающий разнообразные факторы деятельности предприятий минерально-сырьевой базы и отраслей-потребителей. Поэтому руководство Апатитского филиала МГТУ с 2002/03 учебного года включило в план новую научную дисциплину «Маркетинг минерального сырья». Основная цель – дать знания и привить навыки маркетинговой деятельности в сфере минерального сырья. Маркетинг является относительно новой наукой, Его формирование началось в 1920-х, а в современном виде он сложился в 1970-х [3]. Отраслевой маркетинг только развивается и требует, в первую очередь, определения объекта, предмета и методов исследований, формулирования принципов, выявления закономерностей и законов и т.д. Необходимо разработать стратегию и инструментарий маркетинга, органичное сочетание которых с другими элементами управления даст положительный эффект, возможность обеспечить прибыль предприятия и его выживание в условиях конкуренции.

Важнейшая составляющая эффективного функционирования горнопромышленных предприятий – наличие запасов минерального сырья, использование которого экономически оправдано при имеющихся технологиях добычи, переработки и транспортировки. Россия располагает мощной сырьевой базой, но этого недостаточно, чтобы обеспечить эффективное развитие горнодобывающей, перерабатывающих и потребляющих отраслей промышленности, ориентируясь на монополию того или иного способа экономики [1]. Маркетинг минерального сырья изучает деятельность горных предприятий, направленную на изготовление и предложение продукции для удовлетворения потребностей человека как конечного потребителя на рынке товаров широкого потребления и потребностей предприятий-производителей промышленной продукции посредством эквивалентного обмена. С понятием «маркетинг минерального сырья» тесно связано понятие «экономика минерального сырья», которое является более широким и охватывает круг вопросов от экономической оценки запасов минерального сырья до экономических проблем его рационального использования [2]. Как наука маркетинг минерального сырья имеет свой объект, предмет и методы исследования.

Объект исследования – горные предприятия, производящие минерально-сырьевую продукцию, а также потребители данной продукции. Предмет исследования – отношения между участниками произ-

водственного процесса по поводу установления маркетинговых целей, задач, разработки стратегии и инструментария маркетинга, а также между товаропроизводителем и потребителем минерально-сырьевой продукции в процессе обмена. Научный метод – совокупность правил и норм, применяемых в исследованиях для решения конкретной задачи. Методы исследования в маркетинге минерального сырья можно сгруппировать следующим образом.

1. Общенаучные. К общим методам научного познания относятся наблюдение, сравнение, измерение, эксперимент, анализ, синтез, исторический метод.

2. Специальные. В маркетинге, как в экономике в целом, имеются процессы, которые можно количественно измерить (например, определение объемов потребления), а есть и такие, которые не поддаются количественной оценке (например, процесс разработки стратегии). Оценка таких процессов требует проведения социологических исследований, они могут проводиться с помощью анкетирования и интервьюирования. Специальные методы маркетинга минерального сырья рассмотрены далее применительно к теме исследования. После рассмотрения объекта, предмета и методов исследования необходимо определить принципы научной дисциплины, выявить законы или закономерности, сформулировать категорийно-понятийный аппарат. Принципы маркетинга минерального сырья представляют его идейный стержень, задают характер маркетингового подхода к современному менеджменту. В маркетинге минерального сырья нами сформулированы следующие принципы.

1. Базовый принцип маркетинга минерального сырья – удовлетворение потребителей продукции горных предприятий. Конкурентоспособность продукции зависит от того, насколько эффективно она позволяет решить проблему потребителя. В конечном счете, от этого зависит и конкурентоспособность производителя продукции.

2. Проведение маркетинговых исследований с целью адаптации к постоянно изменяющейся ситуации на рынке. При осуществлении маркетинговых исследований должен соблюдаться подход, базирующийся на объективности, точности, тщательности анализа и правильно выбранном подходе к решению проблемы.

3. Прогнозирование и формирование спроса на продукцию. Прогнозирование используется при разработке планов и программ. Формирование спроса необходимо при реализованных объемах продукции ниже запланированных объемов, при этом инструментами служат реклама и пропаганда.

4. Базирование коммерческих сделок на полезности и выгодности обмена для каждой стороны. Этот принцип исходит из сущности маркетинга как деятельности, направленной на удовлетворение отдельных лиц или организаций.

5. Внедрение инноваций. Маркетологи предприятия должны постоянно заниматься развитием новой продукции, так как старый товар со временем будет вытеснен новым. Необходимо помнить экономический закон возвышения потребностей – они растут в количественном и еще более в качественном отношении.

Законы или закономерности важно определить при изучении научных дисциплин. **Экономические законы –** установленные на основе опыта и практической деятельности, выявленные путем научных исследований устойчивые, существенные взаимосвязи между экономическими явлениями, процессами, отношениями, характеризующими их величинами и показателями. Экономические законы, выявляющие только самые общие, типичные свойства и признаки процессов производства, распределения, обмена и потребления следует считать **закономерностями.** В маркетинге минерального сырья нами выявлены следующие экономические закономерности.

1. Закономерность спроса. При увеличении цены на минеральное сырье его потребление промышленными предприятиями снижается незначительно или даже не снижается, так как затраты на его приобретение будут включены в себестоимость конечной продукции.

2. Закономерность влияния цены. При выборе из нескольких товаров аналогичного качества потребитель будет приобретать товар по более низкой цене.

3. Закономерность влияния качества. Приобретение сырья более низкого качества ограничивается технологическими причинами.

4. Закономерность внедрения инновации. Новая технология или организация работ обязательно придут на смену старым, даже если затраты на их внедрение будут высокими, поскольку прогрессивно изменяются функционирование предприятий и условия деятельности людей.

Категорийно-понятийный аппарат включает в себя следующие понятия и определения.

Маркетинг минерального сырья – научная дисциплина, которая изучает деятельность горных предприятий, направленную на изготовление и предложение продукции для удовлетворения потреб-

ностей человека как конечного потребителя на рынке товаров широкого потребления и потребностей предприятий-производителей промышленной продукции посредством эквивалентного обмена.

Объект исследования – горные предприятия, производящие минерально-сырьевую продукцию, а также потребители данной продукции.

Предмет исследования – отношения, которые складываются между участниками производственного процесса по поводу установления маркетинговых целей, задач, разработки стратегии и инструментария маркетинга, а также между товаропроизводителем и потребителем минерально-сырьевой продукции в процессе обмена.

Научный метод – совокупность правил и норм, применяемых в исследованиях для решения конкретной задачи. Методы маркетинга минерального сырья разделяются на общие и специальные.

Спрос на продукцию – желание покупателя приобрести товар, подкрепленное денежной возможностью.

Качество продукции – степень соответствия характеристик и свойств товара ожиданиям покупателя с учетом цены, которую он готов заплатить.

Цена – денежная сумма, которую покупатель должен уплатить, чтобы получить товар.

Инновация – нововведение в сфере техники, технологии, организации труда и управления, основанное на использовании достижений науки и передового опыта, а также использование этих новшеств.

К задачам маркетинга минерального сырья можно отнести: определение спроса на продукцию горных предприятий, сегментирование рынка, позиционирование продукции с определением качественных и ценовых характеристик, выбор наиболее эффективных каналов реализации продукции [4]. Для исследований на рынке минерально-сырьевой продукции важна специфика маркетинга горных предприятий. Она состоит из следующих элементов [5].

1. Минерально-сырьевая база – основа добывающей промышленности. С экономической точки зрения она рассматривается как элемент национального богатства и развития производительных сил общества.

2. Технологические особенности горных и обогатительных работ. Они оказывают существенное влияние на затраты, себестоимость и цену продукции. Месторождения разрабатываются открытым или подземным способом, соответственно, существуют различия в проведении горно-подготовительных и добычных работ, различны затраты на проведение всех видов горных работ. Проектами строительства и эксплуатации может предусматриваться комбинированная отработка месторождений с последовательным или параллельным применением открытых и подземных горных работ. Так отрабатываются месторождения на ОАО «Апатит» за исключением Ньоркпахкского и Коашва, которые разрабатываются открытым способом.

Отмечается разнообразие технологий обогащения сырья в рамках одного предприятия. Например, на ОАО «Ковдорский ГОК» производят железорудный, апатитовый и бадделеитовый концентраты. Производство первого осуществляется на магнетитовой обогатительной фабрике (МОФ), второго – на апатито-бадделеитовой обогатительной фабрике (АБОФ). Технология переработки руды на обогатительном комплексе (МОФ и АБОФ) предусматривает последовательное извлечение железорудного, апатитового и бадделеитового концентратов, что обеспечивает сбалансированность производства и сбыта всех видов продукции.

3. Ассортимент выпускаемой продукции. Предприятия ГПК с целью удовлетворения широкого спектра запросов производят продукцию, которая на различных предприятиях отличается по ассортименту, который может быть узким или широким. Так, широкий ассортимент характерен для ОАО «Североникель»: Ni, Cu, Co, серная кислота, концентраты благородных металлов.

4. Характер спроса на продукцию. Спрос на продукцию на промышленном рынке имеет вторичный характер. Он отличается тем, что возникает из-за спроса на потребительские товары, для производства которых требуется эта продукция. Из-за вторичного характера спрос колеблется в широких пределах, следуя за изменениями на рынке. Потребитель горнопромышленной продукции нуждается в определенном запасе товара, который обеспечивает непрерывность производства (нормативный запас). При его установленном размере потребитель поддерживает закупки на таком уровне, тобы наличие товара на складе всегда соответствовало норме.

5. Разнообразие потребительских свойств. Потребительские свойства минерального сырья и другой товарной продукции горных предприятий, поставляемой на промышленный рынок, характеризуются значительным разнообразием физических характеристик. Продукция предприятий может поставляться также на потребительский рынок. К таковой относятся, например, камнерезные изделия – облицовочная

плитка и изделия с применением цветных и поделочных камней. Продукция, поставляемая на потребительский рынок – камнерезные изделия – характеризуется, кроме физических свойств, эстетическими, символическими, эмоциональными свойствами.

6. Значительный объем экспортных поставок. Минерально-сырьевые ресурсы, их экспорт и импорт имеют большое значение для мировой экономики. Например, российский экспорт более чем наполовину состоит из промышленных сырьевых товаров, включая нефтепродукты. Если добавить экспорт товаров, в стоимости которых очень велика доля сырья – черных и цветных металлов, удобрений – доля составит ¾ экспорта.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Быбочкин Н.М., Петренко А.А. Базово-сырьевые отрасли в условиях рыночных отношений // Экономист. 1991. № 2. С. 12-18.
2. Каганович С.Я. Экономика минерального сырья. М.: Недра, 1975. 216 с.
3. Котлер Ф. Основы маркетинга. СПб.: «Коруна», «Литера плюс», 1994. 700 с.
4. Лузин В.П. Задачи маркетинга минерального сырья // Наука и образование. Матер. Межд. научн.-тех. конф. Мурманск, 7-15 апр. 2004 г. Ч. 3. Мурманск: Изд-во МГТУ, 2004. С. 331-335.
5. Лузин В.П. Новая научная дисциплина «Маркетинг минерального сырья» // VIII Межд. конф. «Новые идеи в науках о Земле». Москва, 10-13 апр. 2007 г. Т. 8. М.: РГГРУ, 2007. С. 244-247.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ И ТЕРМОДИНАМИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ СТОЧНЫХ И ПОРОВЫХ ВОД ХВОСТОВ ОБОГАЩЕНИЯ АПАТИТО-НЕФЕЛИНОВЫХ РУД

Мазухина С.И., Маслобоев В.А., Макаров Д.В., Нестеров Д.П.

ИППЭС КНЦ РАН, ИХТРЭМС КНЦ РАН, Апатиты, mazukhina@inep.ksc.ru

Цель работы – исследовать химический состав поровых вод хвостохранилищ и подземных вод для оценки их экологической опасности. Использованы возможности термодинамического моделирования с помощью ПК «Селектор» [6] в системе «вода-порода-газ-органическое вещество» [2, 5]. Важным достижением в этой области является концепция гидролитического диспропорционирования органического вещества (ОВ). Ключевая идея концепции – образование значительного количества органических кислот [7].

Методика эксперимента. Кроме основных инженерно-геологических характеристик хвостов как искусственных грунтов, которые определяли по стандартным методикам, исследовался химический состав поровых вод [3]. Выполнены следующие исследования: рентгенофазовый анализ (РФА) твердой фазы проводили на дифрактометре ДРОН-2 (Ю.П. Меньшиков, рис. 1); термогравиметрические исследования на дериватографе (Q-1500) (Д.П. Нестеров, рис. 2). Концентрации металлов определялись методом атомно-абсорбционной спектрометрии (Perkin-Elmer-5000).

Термодинамическое моделирование. Взаимодействия в системе «вода – углерод – газ (атмосфера) – горная порода» исследовалось в рамках системы Al-B-Br-Ar-He-Ne-C-Ca-Cl-F-K-Mg-Mn-N-Na-P-S-Si-Sr-Cu-Zn-H-O-e (e – электрон). В исходный список базовой мультисистемы включено 727 индивидуальных веществ: в водном растворе – 295, в газовой фазе – 76, твердых органических веществ – 356 [2].

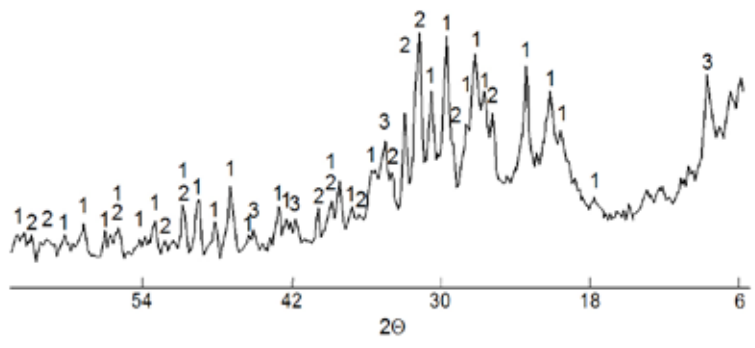


Рис. 1. Типичная дифрактограмма тонкодисперсных фракций хвостов. Цифрами обозначены рефлексы: 1 – нефелина; 2 – апатита; 3 – слюды: лепидомелан, либенерит.

Результаты и обсуждение. Минералогический и гранулометрический анализ проб с поверхности выведенного из эксплуатации хвостохранилища показал: вынос мелкого и легкого материала вместе с продуктами гидролиза силикатов вследствие суффозии; накопление в тонких классах устой-

Таблица 1. Аналитические данные и модельные аналоги поровых вод хвостохранилища АНОФ-2, концентрации компонентов в мг/л (T°C 25; P, бар).

Параметры	Аналитические данные			Результаты моделирования		
Н.м	0.2	2	2.6	0.2	2	2.6
pH	7.16	7.56	7.22	7.15	7.56	7.23
Eh	–	–	–	0.793509	0.769195	0.786931
Al	7.40E-02	4.70E-01	6.90E-01	7.40E-02	4.70E-01	6.90E-01
$(P)_{общ}$	–	–	–	2.61E-03	4.79E-02	5.06E-02
C	–	–	–	1.84	4.53	4.33
Ca^{+2}	1.46	1.12	1.73	1.42E+00	1.09E+00	1.68E+00
$CaCO_3$	–	–	–	6.02E-04	3.01E-03	2.04E-03
$CaSO_4$	–	–	–	1.25E-01	7.84E-02	1.29E-01
$CaCl^+$	–	–	–	9.19E-05	6.71E-05	1.81E-04
$Ca(HCO_3)^+$	–	–	–	4.93E-03	9.74E-03	1.39E-02
K+	10	10	10	9.98E+00	9.99E+00	9.99E+00
KSO_4^-	–	–	–	5.67E-02	4.78E-02	4.99E-02
$(Fe)_{общ}$	3.70E-02	3.60E-01	0.424	3.70E-02	3.60E-01	4.24E-01
Mg^{+2}	0.32	0.27	0.68	3.08E-01	2.61E-01	6.55E-01
$MgSO_4^0$	–	–	–	5.22E-02	3.59E-02	9.63E-02
$Mg(HCO_3)$+	–	–	–	1.45E-03	3.16E-03	7.33E-03
$MgCO_3^0$	–	–	–	8.09E-05	4.48E-04	4.93E-04
MgCl+	–	–	–	3.75E-05	3.01E-05	1.32E-04
Na+	10.4	14.6	16.9	1.04E+01	1.46E+01	1.69E+01
$NaSO_4^-$	–	–	–	5.84E-02	6.92E-02	8.35E-02
$NaCl^0$	–	–	–	3.09E-04	4.20E-04	8.37E-04
Sr^{+2}	2.39E-02	3.87E-02	6.54E-02	2.39E-02	3.88E-02	6.56E-02
$SrHCO_3$+	–	–	–	8.53E-05	2.49E-05	5.56E-04
HCO_3^-	8.9	20.1	18	8.10	21.7	19.5
CO_2^0	–	–	–	8.91E-01	9.19E-01	1.76E+00
(PO_4)	0.008	0.147	9.155	–	–	–
Cl	2.57	2.54	4.32	2.57	2.54	4.32
Si	2.72	2.56	3.38			
$H_4SiO_4^0$	–	–	–	6.07	5.70	7.53
SiO_2^0	–	–	–	2.02	1.90	2.51
SO_4^{-2}	22.6	19.8	20.2	22.4	19.6	19.
O_2	–	–	–	7.33	7.12	5.72
F^-	–	–	–	2.47	2.14	4.96

Таблица 2. Модельный состав новообразованных фаз поровых вод АНОФ-2, %.

Н,м	T°C	Gt	Msc	SiO_2	Apt	pH
0.2	25	11.66	88.34	–	–	7.11
	10	7.35	55.83	36.82	–	7.22
	5	2.57	19.67	77.74	–	7.22
2.6	25	14.16	85.84	–	–	7.05
	10	13.26	80.33	6.41	–	7.17
	5	9.94	60.23	25.84	4	7.2

Примечание: Gt – FeO(OH), Msc – $KAl_3Si_3O10O_2H_2(H_2O)4.5$, Apt – $Ca_5(PO_4)_3F$. Этот набор фаз соответствует качественному, а при некоторых T и количественному составу, определённых с помощью РФА и термогравиметрии (рис. 1, 2). В табл. 3 даны составы подземных вод и их модельные аналоги.

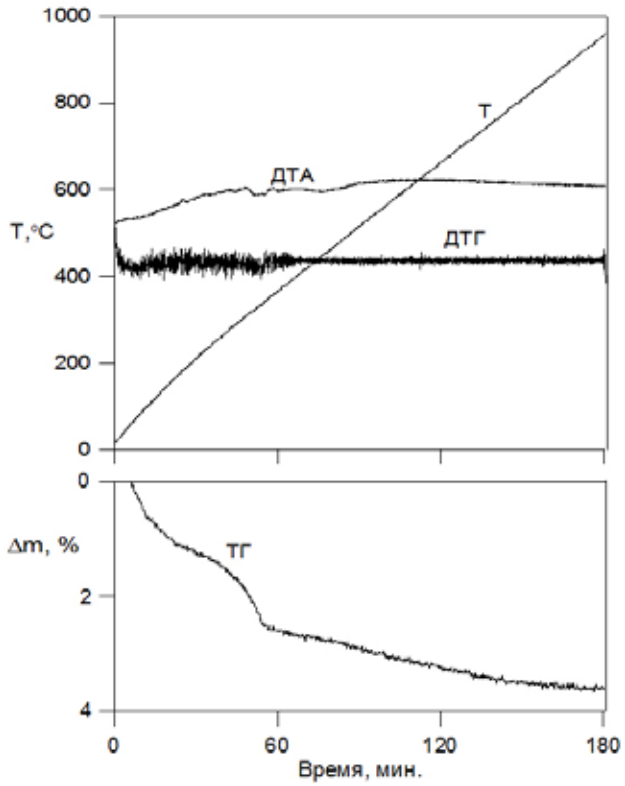


Рис.2. Дериватограмма тонкодисперсных фракций хвостов. Масса навески – 250 мг, скорость нагрева – 2.5°С/мин.

чивых к изменению минералов (титаномагнетит, ильменит и эгирин); частичное замещение нефелина продуктами гипергенных преобразований (натролит). Пробы из шурфа содержали повышенное количество ультрадисперсных фракций (< 10 мкм) с увеличением глубины отбора проб [1]. Дифрактограммы указывают, что новообразованные фазы представлены слюдами (лепидомелан и либенерит), аморфным кремнеземом и являются продуктами выветривания нефелина (рис. 1). По результатам термогравиметрии содержание слюд в пробе порядка 42-55 %. В табл. 1 даны составы поровых вод в зависимости от глубины и их модельные аналоги.

Термодинамический аналог поровых вод каждого слоя говорит о присутствии органического углерода, содержание которого увеличивается с глубиной, и уменьшении O_2 с глубиной. Содержания отдельных компонентов в поровых водах значительно превышают их в природных водах, особенно для K^+, SO_4^{-2}, Ca^{+2}, Na^+, HCO_3^- Были смоделированы высокие концентрации F, присутствие которого обязательно в хибинских породах. В табл. 2 дан модельный состав новообразованных фаз поровых вод АНОФ-2 в зависимости от глубины отбора проб и температуры.

Скв. 22 расположена в акватории оз. Имандра, в краевой части потока грунтовых вод от резервного хвостохранилища АНОФ-2 к оз. Имандра. Скв. 23 и 26 оборудованы на техногенном водоносном горизонте резервного хвостохранилища АНОФ-2. Результаты анализа вод из скв. 22, 23 и 26 (табл. 3) говорят о высоком содержании Ca^{+2}, Na^+, K^+, Mg^{+2}, SO_4^{-2}, F^-, Cl^-, HCO_3^- – выше природных на 1-2 порядка. Результаты моделирования говорят о восстановительных условиях, что подтверждается наличием Fe, Mn, NH_4^+. Установлено высокое содержание углерода, метана, углекислого газа и органокомплексов.

Выводы. Поровые воды хвостохранилищ, выведенных из эксплуатации десятки лет назад, содержат концентрации Fe, Al, K, Na, Sr, F, превышающие таковые в природных водах. Органические вещества, применяемые в процессе обогащения, содержатся в хвостохранилищах десятки лет, что влияет на химический и минеральный состав, окислительно-восстановительные условия, приводя к образованию метастабильных соединений. Такая подвижность способствует выносу элементов из хвостохранилищ. Образование метастабильных органокомплексов может существенно влиять на физико-химическое взаимодействие в системе «водный раствор – порода – углерод» в процессах растворения, переноса и отложения петрогенных Ca, Mg, Na.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Мазухина С.И., Нестерова А.А., Нестеров Д.П. и др. Экспериментальное исследование и термодинамическое моделирование гипергенных процессов в хвостах обогащения апатит-нефелиновых руд // Химия в интересах устойчивого развития. 2007. Т. 15. С. 447-455.
2. Мазухина С.И., Маслобоев В.А., Чудненко К.В. и др. Исследование состояния оз. Б. Вудъявр после экологической катастрофы 1930-х г. методами физико-химического моделирования // Химия в интересах устойчивого развития. 2009. Т. 17. С. 51-59.
3. Макаров Д.В., Макаров В.Н., Дрогобужская С.В. и др. Содержания Ni, Cu, Co, Fe, MgO в поровых растворах хвостов обогащения Cu-Ni руд после их длительного хранения // Геоэкология. 2006. № 2. С. 136-142.
4. Заозерская С.Д. (Отв. исп.) Отчет о выполнении гидрогеологических работ по мониторингу подземных и поверхностных вод в пределах земельных отводов ОАО «Апатит» в 2003 г. В 2 кн. Апатиты, 2004.

Таблица 3. Результаты анализа [4] и моделирования химического состава подземных вод.

	Скв. 23, 14.12.2000		Скв. 26, 22.05.2001		Скв. 22, 31.05.2001	
	анализ	модель	анализ	модель	анализ	модель
ToC		3		7		5
P.бар		1		1		1
pH	9.25	9.26	7.01	7.17035	8.3	8.31
Eh, B		-0.363		-0.239		-0.304
Al	<0.04		<0.04		<0.04	
$(P)_{общ.}$	–	2.50E-01	0.5	5.00E-01	0.02	2.00E-02
C	–	7.36E+01	–	5.18E+01		2.86E+01
Ca^{+2}	6.4	4.68E+00	22.4	1.85E+01	26.6	2.37E+01
$Ca(HCO_3)^+$	–	4.99E-01	–	1.33E+00	–	1.24E+00
$CaCH_3COO^+$	–	4.82E-07	–	6.13E-07	–	1.31E-07
K^+	83.01	82.1	19.51	1.92E+01	11.58	1.15E+01
KCH_3COO^0	–	5.56E-07		4.09E-08	-	3.98E-09
$(Fe)_{общ.}$	0.06	6.0 0E-02	0.5	5.00E-01	<0.05	
$FeCHO_2^+$	–	1.69 E-07		3.36E-07	–	
$(Mn)_{общ.}$	0.054	5.40E-02	1.06	1.06E+00	0.062	6.20E-02
Mg^{+2}	3.39	2.59E+00	6.53	5.15E+00	4.24	3.71E+00
$MgCH_3COO^+$	–	1.13 E-07	–	7.37E-07	–	8.39E-08
MgF^+	–	2.14E-02	–	1.26E-02	–	5.85E-03
Na^+	180.68	1.79E+02	188.89	1.89E+02	75.63	7.53E+01
$NaCH_3COO^0$		2.98 E-06	–	1.00E-06	–	6.25E-08
Sr^{+2}	0.17	1.54E-01	0.078	7.62E-02	–	1.95E-01
$SrCH_3COO^+$		1.48 E-08	–	2.35E-09	–	1.01E-09
HCO_3^-	292.6	3.10E+02	195.2	2.04E+02	136.64	137.
CO_2^0	–	3.83E-01	17.89	2.79E+01	–	1.46
CH_4	–	1.07E+01	–	5.14E+00	–	1.12
Cl^-	11.5	1.15E+01	14.8	1.48E+01	12.75	12.7
F^-	5.4	5.38	1.55	1.54	0.92	9.15E-01
NH_4^+	0.55	5.50E-01	<0.005	9.71E-01	0.09	9.00E-02
$H_4SiO_4^0$	1.53	9.70E-01	9.47	7.04	4.42	3.18
SiO_2*	–	2.14E-01	–	1.51E+00	–	7.38E-01
SO_4^{-2}	200.81	1.91E+02	321.38	2.99E+02	123.04	115

5. Павлов С.Х., Карпов И.К., Чудненко К.В. Взаимодействие углерода с водой в условиях полного и метастабильного термодинамического равновесия // Водные ресурсы. 2008. Т. 35. № 4. С. 456-466.
6. Чудненко К.В**.** Термодинамическое моделирование в геохимии: теория, алгоритмы, программное обеспечение, приложения. Н.: Изд-во «Гео», 2010. 287 с.
7. Helgeson H.C., Knox A.M., Owens C.E. et al. Petroleum, oil field waters and authigenic mineral assemblages: are they in metastable equilibrium in hydrocarbon reservoirs // Geochem. Cosmochim. Acta. 1993. V 57. N 14. P 3295-3339.

АНАЛИЗ ПРОЧНОСТИ ГОРНЫХ ПОРОД ДЛЯ ОЦЕНКИ ИХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ И ТЕРМОКИНЕТИЧЕСКИХ СВОЙСТВ

Менжулин М.Г. [1], Мясникова О.В. [2]

[1] Национальный университет «Горный», С.-Петербург

[2] ИГ КарНЦ РАН, Петрозаводск, okmyasn@krc.karelia.ru

В горных породах в естественном состоянии существуют многочисленные дефекты структуры, которые при физических воздействиях могут развиваться в микротрещины, а после их слияния переходить в макротрещины с разрушением. Образование трещин сопровождается фазовыми переходами 1-го рода в окрестности их поверхностей. При переходе в новое фазовое состояние на поверхности трещин изменяется энергия упругого взаимодействия между молекулами, частота колебаний и энергия дефектов [3]. При напряжениях, превышающих предел прочности, происходит разрушение среды, сопровождаемое сдвиговыми деформациями в окрестности вершины трещины и последующего растяжения с образованием трещин отрыва. В [2] показано, что кинетический характер трещинообразования позволяет характеризовать процесс разрушения некоторой скоростью накопления повреждений или временем разрушения. Экспериментально установлено, что при заданных температуре и напряжении прочность зависит от времени нахождения материала в напряженном состоянии. Следовательно, долговечность разрушения (τ) может быть фундаментальной характеристикой прочности материала.

Согласно кинетической теории прочности твердых тел [1], долговечность разрушения при растягивающем напряжении σ и абсолютной температуре T описывается уравнением Журкова:

$$\tau = \tau_0 \exp(\frac{U_0 - \gamma\sigma}{RT}) \quad (1)$$

где U_0 – энергия активации разрушения; τ_0 – коэффициент, численно равный периоду тепловых колебаний атомов в кристаллической решетке; γ – структурный коэффициент (активационный объем разрушения); σ – приложенная нагрузка; R – универсальная газовая постоянная. Измерения энергии активации разрушения U_0 [7] подтверждают, что ее величина соответствует двум процессам: самодиффузии и разрыву межмолекулярных связей. При модели разрушения «сдвиг-отрыв» на начальной стадии разрушения реализуется процесс самодиффузии. В горных породах такое разрушение происходит под действием сдвиговых и сжимающих деформаций, а также при пластических деформациях [4]. Энергию активации самодиффузии в первом приближении можно принять [10]:

$$U_{0сдвиг} = 134\ T_{пл.}\ \text{Дж/моль}, \quad (2)$$

где $T_{пл.}$ – температура плавления материала, (°K). Энергия разрыва межмолекулярных связей примерно в 2 раза больше энергии, необходимой для сдвига. Тогда энергия активации разрушения для трещин отрыва равна:

$$U_{0р} \cong 2\ U_{0сдвиг} = 268\ T_{пл.}\ \text{Дж/моль}. \quad (3)$$

Структурные коэффициенты для растягивающего напряжения ($\gamma_р$) и сдвиговых нагрузок ($\gamma_{сдвиг}$) определятся формулами (4) и (5) [3]:

$$\gamma_р = (\frac{a_0^3 \sigma_{ид.}}{\pi E}) \times N_{av} \times \sqrt{\frac{2l}{a_0}} \quad (4)$$

$$\gamma_{сдвиг} = \frac{\mu \times 10^{-4}}{\rho \sqrt{\frac{2l_{сдв}}{a_0}}} \quad (5)$$

где a_0 – постоянная кристаллической решетки; $\sigma_{ид.} = \sqrt{\frac{E\gamma_s}{a_0}}$ – идеальная прочность, E – модуль Юнга;

γ_s – поверхностная энергия, μ – молекулярный вес породы, ρ – плотность горной породы, N_{av} – число Авогадро. Поверхностная энергия связана с энергией активации разрушения соотношением:

$$\gamma_s = \frac{4U_0}{\pi a_0^2 N_{av}} \quad (6)$$

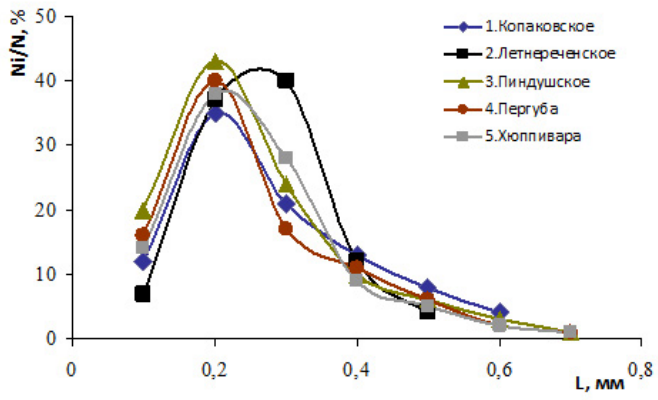


Рис. 1. Распределение микротрещин по размерам в гранитах различных месторождений строительного камня.

Коэффициент γ характеризует интенсивность влияния напряжения на уменьшение величины энергии активации и зависит от структуры материала и концентрации напряжения в вершине дефектов. Для выяснения влияния минерального состава и строения породы на процесс разрушения и величины термокинетических параметров U_0 и γ выполнены эксперименты по определению прочности образцов и мгновенной долговечности разрушения для гранитных месторождений строительного камня. С учетом распределения трещин по размерам (рис. 1) принималась эффективная (наиболее распространенная) длина трещины.

Испытания на прочность проводились на образцах-призмах с надпилом на изгибающей нагрузке (по 3-точечной схеме нагружения) при которой σ_{max} приходится на середину образца. Определив из эксперимента предел прочности на растяжение при изгибе σ_p и мгновенную долговечность разрушения τ горных пород, установили экспериментальные значения энергии активации разрушения по формуле, соответствующей (1):

$$U_0 = RT \ln \frac{\tau}{\tau_0} + \gamma_p \sigma_p \qquad (7)$$

Для экспериментальной оценки термокинетических параметров среды составлена система уравнений (8). На основе её решения, для исследованных гранитов по формуле (9) рассчитаны «истинные» структурные коэффициенты (табл. 1):

$$\left.\begin{aligned} \tau_1 &= \tau_{01} \exp\left(\frac{U_{01} - \gamma_p \sigma_1}{RT_1}\right) \\ \tau_n &= \tau_{0n} \exp\left(\frac{U_{0n} - \gamma_p \sigma_n}{RT_n}\right) \end{aligned}\right\} \qquad (8)$$

$$\gamma_p = \frac{RT(x_1 - x_n)}{\sigma_1 - \sigma_n} \qquad (9)$$

Таблица 1. Экспериментальные значения термокинетических параметров гранитов.

Наименование	τ_0, с	U_0, Дж/моль	γ_p, м^3/моль	τ_p, лет
Хюппиовара мелко-среднезернистые граниты, плагиограниты	1.49×10^{-13}	148990	1.36×10^{-3}	1506
Летнереченский мелкозернистые микроклиновые граниты	1.97×10^{-13}	160676	2.08×10^{-3}	44620
Пергуба среднезернистые плагиоклазовые и плагиоклаз-микроклиновые граниты	1.50×10^{-13}	149292	2.00×10^{-3}	57.5
Копаковское мелко-среднезернистые биотит-плагиоклазовые граниты	1.62×10^{-13}	166393	1.80×10^{-3}	105155
Пиндушское мелко-среднезернистые граниты	1.65×10^{-13}	137638	1.41×10^{-3}	41.1

Экспериментальные исследования [5, 6, 8, 9] подтверждают, что разрушение в материале происходит вследствие образования сдвиговых и последующих растягивающих трещин. Различия в значениях U_0 и γ_0 говорят о том, что при разрушении различных по составу и строению горных пород участвуют оба механизма, но в разной степени. Из результатов эксперимента следует, что долговечность разрушения существенно различается для минерального сырья различных месторождений. Наиболее предпочтительным

является большая величина долговечности для использования материала в дорожном строительстве и на других объектах, требующих сохранности материала в течение длительного времени. Из месторождений Хюппивара, Пергуба и Копаковское, планируемых для производства щебня, можно рекомендовать использование гранитов месторождения Копаковское для производства высокопрочного щебня и применения его для устройства верхних слоев дорожных и аэродромных покрытий дорог, в качестве заполнителя в асфальтобетонные смеси и асфальтобетон. Из блочных месторождений Летнереченское и Пиндушское, без ограничения в наружной и внутренней облицовке зданий и сооружений, могут быть использованы Летнереченские граниты.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Журков С.Н. Кинетическая концепция прочности твердых тел. Термофлуктуационный механизм разрушения // Вестник АН СССР. 1968. № 3. С. 46-52.
2. Журков С.Н., Куксенко В.С., Петров В.А. Физические основы прогнозирования механического разрушения // Докл. АН. 1981. Т. 259. № 6. С. 1350-1353.
3. Менжулин М.Г. Модель фазовых переходов на поверхности трещин при разрушении горных пород // Физич. мезомеханика. 2008. Т. 2. № 4. С. 75-80.
4. Панин В.Е. Основы физической мезомеханики // Физич. мезомеханика. 1998. Т. 1. № 1. С. 5-22.
5. Разрушение. Т. 1. Микроскопические и макроскопические основы механики разрушения / Ред. Г. Либовиц. М.: Мир, 1973. 616 с.
6. Разрушение. Т. 7. Разрушение неметаллов и композитных материалов / Ред. Г. Либовиц. М.: Мир, 1976. 634 с.
7. Ставрогин А.Н., Протосеня А.Г. Прочность горных пород и устойчивость выработок на больших глубинах. М.: Недра, 1986. 270 с.
8. Ставрогин А.Н., Протосеня А.Г. Механика деформирования и разрушения горных пород. М.: Недра, 1992. 224 с.
9. Ставрогин А.Н., Тарасов Б.Г. Экспериментальная физика и механика горных пород. СПб.: Наука, 2001. 343 с.
10. Физический энциклопедический словарь. Т. 4. М.: Сов. энциклопедия, 1965. С. 460-461.

МИНЕРАЛОГО-ПЕТРОГРАФИЧЕСКИЕ КРИТЕРИИ ИДЕНТИФИКАЦИИ «СЕРДОБОЛЬСКОГО ГРАНИТА»

Морозов М.В.

Национальный университет «Горный», С.-Петербург, admin@minsoc.ru

Неоднозначность термина «сердобольский гранит» является хронической причиной путаницы при изучении декоративно-строительного камня исторических памятников С.-Петербурга. Актуальность проблемы усиливается тем, что этот вид камня использован в ряде объектов уникального исторического значения: Н. Эрмитаж, Бельведер в Петергофе, колонны Славы и др. Понятие «сердобольский гранит» распространяется на группу прочных темноцветных горных пород, добывавшихся на территории Сев. Приладожья в XVIII-XX вв. В подавляющем большинстве случаев оно используется для обозначения магматических пород лауватсарско-импиниемского интрузивного комплекса раннего протерозоя, слагающих многочисленные малые интрузии среди метаморфитов ладожской серии [1]. В этом значении термин «сердобольский гранит» употребляется ниже.

Первые систематические полевые исследования «сердобольских гранитов» из сохранившихся каменоломен XIX-XX вв. показали, что, несмотря на сходство минерального состава и геологического положения породы, отдельные интрузивы обладают контрастными структурно-текстурными особенностями, в простых случаях позволяющими визуально идентифицировать камень, использованный в памятнике архитектуры, и соотнести с конкретной каменоломней [2]. Визуальное разнообразие «сердобольских гранитов» иногда было причиной совместного использования их разных видов при оформлении одного объекта (Н. Эрмитаж), оно же обусловило сложность их взаимозаменяемости при реставрации.

В рамках исследований 2007-2011 гг. автором обследованы все значительные места разработок «сердобольских гранитов», известные из литературы (о. Тулолансаари – главный карьер, кар. Руотсенкаллио,

мыса Импиниеми, о. Риеккалансаари), а также ряд второстепенных. Диагностика проводилась в шлифах и по результатам электронно-зондового исследования. Породы демонстрируют близкий минеральный состав, основными породообразующими минералами являются кварц, кислый плагиоклаз, калиевый полевой шпат и биотит. Количественный минеральный состав большинства пород соответствует граниту – гранодиориту. Из второстепенных и акцессорных минералов почти во всех образцах выявлены апатит, титанит, циркон, эпидот. Более редкие акцессорные минералы типоморфны для отдельных интрузивов (табл. 1, рис. 1).

Таблица 1. Специфические акцессории главных типов «сердобольских гранитов».

о. Тулолансаари, главный карьер	о. Тулолансаари, кар. Руотсенкаллио	м. Импиниеми	о. Риеккалансаари
роговая обманка алланит пирит галенит ильменит REE-карбонат	роговая обманка пирит пирротин ильменит REE-карбонат	REE-карбонат барит хлори рутил	пирит

На основании анализа данных о количественном минеральном составе, типоморфных и типохимических особенностях минералов выделены совокупности признаков, по которым источник «сердобольского гранита» может быть определен по одному или нескольким шлифам. Для главного карьера о. Тулолансаари это метамиктный алланит с каймами эпидота, роговая обманка и крупные кристаллы биотита. Для кар. Руотсенкаллио (и о. Тулолансаари) – мелкий биотит, остальные признаки те же, а также обилие сульфидной минерализации. Для о. Риеккаленсаари типичен крупный эпидот (до 1,5 мм в продольном сечении) и ярко выраженная сланцевато-полосчатая текстура. Для интрузии м. Импиньеми – корродированный (расщепленный) биотит, крупный титанит (до 2 мм), мозаичные срастания кварца, богатый Ba калиевый полевой шпат.

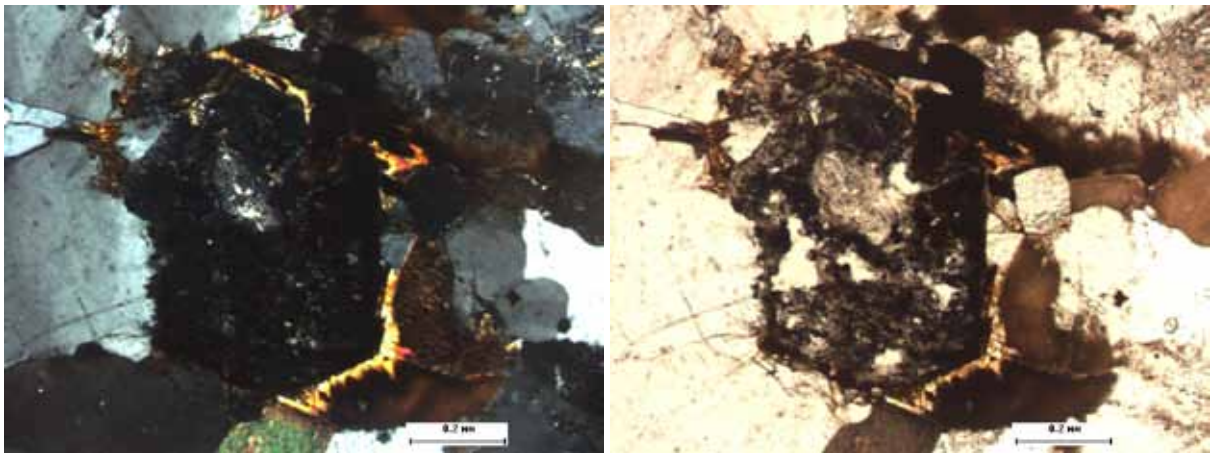


Рис. 1. Алланит с каемками эпидота (слева – с анализатором).

Использование акцессорных минералов как типоморфных признаков позволяет уверенно диагностировать происхождение «сердобольского гранит» почти всех главных разновидностей, использованных в значительных памятниках архитектуры С.-Петербурга. Для идентификации камня, как правило, достаточно щадящего опробования для изготовления прозрачно-полированного шлифа. Не охвачен настоящим исследованием один распространенный тип «сердобольского гранита» (использован в колоннах Н. Эрмитажа), характеризующийся высокой концентрацией шлировидных скоплений биотита. Прочие минералого-петрографические признаки позволяют предположить его происхождение из выработок мыса Импиниеми, где он мог быть полностью отработан.

Автор благодарен У. Кепме (Фрайбергская горная академия, Германия), О.Л. Галанкиной (ИГГД РАН, С.-Петербург), И.В. Борисову (Региональный музей Сев. Приладожья, Сортавала) и Н.И. Каптурович (Национальный университет «Горный», С.-Петербург).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Балтыбаев Ш.К. и др. Геология и петрология свекофеннид Приладожья. СПб: Изд-во СПбГУ, 2000. 198 с.
2. Морозов М.В., Кемпе У., Борисов И.В. Минералого-петрографические особенности «сердобольских гранитов» из исторических горных выработок р-на Сортавалы, Сев. Приладожье // Федоровская сессия 2008. СПб.: Изд-во СПбГУ, 2008. С. 287-289.

ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ГЕОТЕХНОЛОГИИ ИЗВЛЕЧЕНИЯ ЦВЕТНЫХ МЕТАЛЛОВ ИЗ НЕКОНДИЦИОННЫХ РУД И ТЕХНОГЕННЫХ ОТХОДОВ

Светлов А.В.[1], Корнева Е.А.[1], Баюрова Ю.Л.[1,2], Макаров Д.В.[1,2]

[1] ИППЭС КНЦ РАН, [2] АФ МГТУ, Апатиты, svetlov@inep.ksc.ru

Объемы отходов горно-промышленного комплекса (ГПК) растут во всем мире. На территории РФ на сегодня сосредоточено порядка 80 млрд. т. отходов, из них около 9 млрд. – деятельность предприятий цветной металлургии. Трудоемкость, а по сути – наличие ограниченного числа эффективных внедренных технологий, позволяющих работать с техногенными образованиями или месторождениями малых запасов, предоставляет широкое поле для проведения исследований в области простых и качественных способов обогащения, в том числе сводящих к минимуму экологические риски [1, 9, 11]. Основными методами извлечения цветных металлов из некондиционных руд и техногенных отходов являются кучное, подземное и чановое выщелачивание. Мурманская обл. представлена в большом объеме такими отходами как вскрышные породы, забалансовые руды, хвосто-, шлако- и шламохранилища различных предприятий ГПК, в том числе предприятий цветной металлургии – имеет смысл уделить внимание методу кучного выщелачивания (КВ).

Основы теории и практики гидрометаллургического извлечения Cu из окисленных и сульфидных руд рассмотрены в работах [8, 10, 12, 14 и др.]. В обзоре [13] представлены данные о 37 предприятиях США, Австралии, Испании, Чили, Мексики, Перу, Родезии, Филиппин, Португалии, Болгарии и Югославии, производящих Cu методом кучного выщелачивания. Физико-химические геотехнологии извлечения других цветных металлов применяются реже. Так, компания «Pacific Ore Technology» (Австралия) эксплуатирует опытно-промышленную установку кучного бактериального выщелачивания Cu-Ni руды, содержащей около 15 % сульфидов. Процесс длится около года, извлечение цветных металлов составляет 70-90 %. В последние годы в РФ разработаны геохимические основы геотехнологии цветных металлов при отрицательных температурах в условиях многолетней мерзлоты [3, 7, 15 и др.]. Существуют всевозможные варианты интенсификации метода кучного выщелачивания на всех этапах реализации. В публикациях, посвященных КВ, описаны способы монтажа и технологические приемы, позволяющие рентабельно выщелачивать руду.

Способ КВ (рис. 1), предложенный в [4], интересен тем, что может быть использован для извлечения полезных компонентов из складированных на неподготовленное естественное или некачественное искусственное основание техногенных отходов. Повышение качества экологической обстановки в районе складирования техногенных образований (ТО), их рациональное использование, переработка подотвальных растворов являются принципиальным техническим результатом. Способ состоит в создании откачных скважин в водоносном горизонте под основанием ТО, обустройстве в водоносном горизонте развивающейся сети наблюдательных скважин (мониторинг качества подземных вод), сборе подотвальных вод, извлечении из подотвальных вод полезных компонентов с получением маточных растворов.

Создание гидродинамической воронки, исключающей растекание загрязненных подземных вод за пределы контура ТО, осуществлено откачиванием загрязненных подземных вод на поверхность через скважины, которые частично испаряют на поверхности. Из объема оставшихся после испарения загрязненных подземных вод на основе маточных растворов создают выщелачивающие растворы путем доукрепления выщелачивающими реагентами. Выщелачивание ТО ведут путем орошения выщелачивающими растворами. По окончании выщелачивания ТО доводят водоносный горизонт до природного состояния откачкой загрязненных подземных вод из водоносного горизонта и перевода их и подотвальных вод в экологически безвредное состояние.

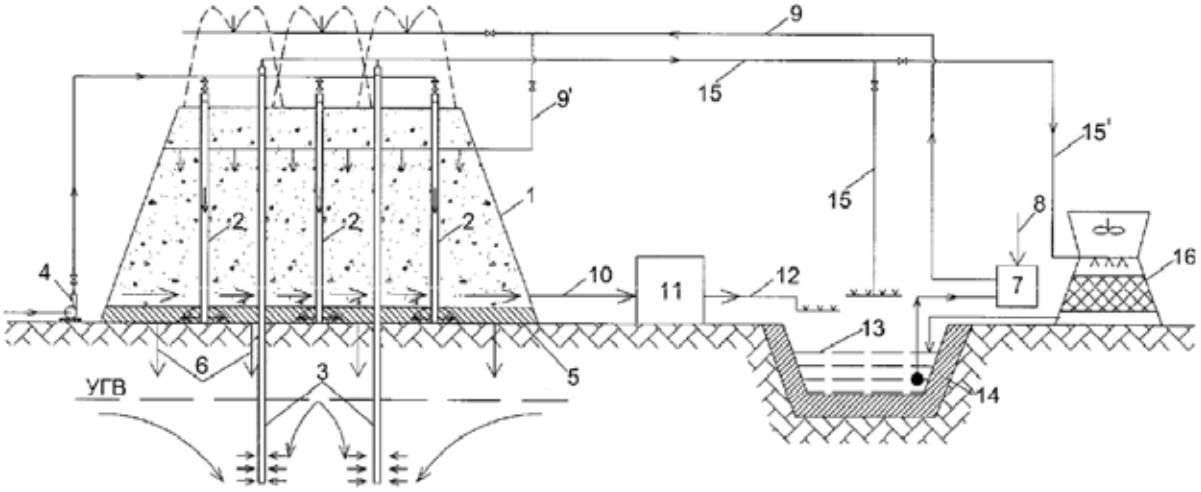


Рис. 1. Схема обезвреживания техногенного образования на месте его складирования.

Следующий способ (рис. 2) относится к технологии комплексного химического и электрохимического доизвлечения металлов из хвостов, шламов и обедненных руд в местах их складирования – хвостохранилищах, шламонакопителях, горных отвалах [5]. Суть состоит в формировании слоя из хвостов, шламов или обедненных руд на водоупорном основании, размещении внутри слоя шлама скважин для подачи химических реагентов и скважин для размещения угольных анодов, генерирующих кислород, а также размещении нескольких цементационных пар С анод – Al катод, две из которых помещают в тело шлама, третью – в дренажный колодец вместе с угольным или Al катодом. Химическими реагентами выступают водный раствор серной кислоты или смесь серной кислоты с сульфатом Fe^{3+}.

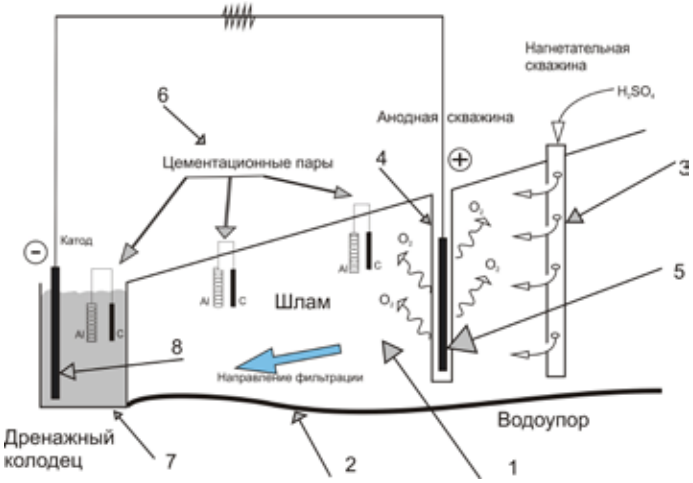


Рис. 2. Схема комплексного внутриотвального обогащения и доизвлечения металлов на примере шлама.

Представлен вариант схемы комплексного внутриотвального обогащения и доизвлечения металлов на примере шлама: 1 – шлам, 2 – водоупорное основание, 3 – перфорированная нагнетательная скважина для подачи химического реагента, 4 – скважина, в которой расположен угольный анод, 5 – три цементационные пары 6, 7 – дренажный колодец, в который помещен катод 8, стрелки – направление фильтрации раствора. Эксперименты показали, что доизвлечение металлов из шламов составляет 10-50 % в зависимости от природы металла и времени воздействия. Так, для Pb и Zn начальная концентрация составляла 0.5 и 2 %. После комплексного воздействия в течение 30 дней в верхней зоне шламонакопителя она снизилась до 0.1 %. Полное внутриотвальное доизвлечение и обогащение является длительным, но промышленно выгодным. Повышению конкурентноспособности физико-химических геотехнологий должны способствовать высокая интенсивность процесса выщелачивания.

Обогащаемый слой в предлагаемом авторами [6] методе выполнен из ряда секций, разделенных на одинаковые автономные участки, снабженных антифильтрационным и дренажным слоями и гидравлически соединенных друг с другом последовательно. Активирование выщелачиваемого слоя осуществляют путем его периодического орошения выщелачивающим раствором (вода или 1-3 % раствор серной кислоты) с переводом тяжелых металлов в раствор. Циклическое увлажнение обогащаемого слоя металлсодержащим раствором ведут по прямому и обратному циклам. В прямом и обратном цикле увлажнение ведут от первой секции к последней. В каждой секции прямого цикла увлажнение ведут от начального участка к ко-

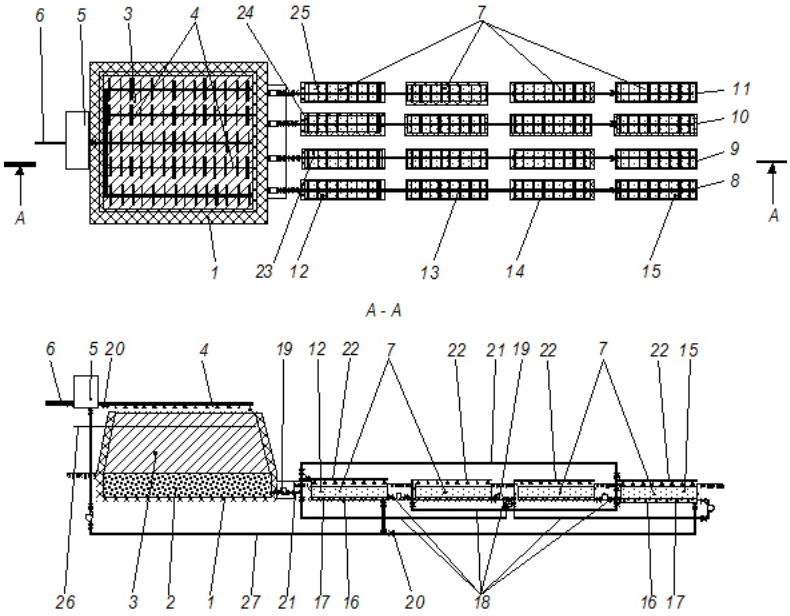


Рис. 3 Схема геотехнологической переработки некондиционного рудного материала с оборотом раствора. 1 – антифильтрационный, 2 – дренажный, 3 – выщелачиваемый; 7 – обогащаемый слои; 4, 22 – перфорированные трубопроводы; 5 – накопительная емкость; 6 – магистральный трубопровод; 8-11 – независимые секции обогащаемого слоя; 12-15, 23-25 – участки секций обогащаемого слоя; 16, 17 – антифильтрационный и дренажный слои секций обогащаемого слоя; 18 – трубопроводы; 19 – насосы; 20 – запорные вентили; 21, 27 – трубопроводы; 26 – устройство подачи воздуха.

нечному с завершением цикла после увлажнения начального участка последней секции, в каждой секции обратного цикла – от конечного участка к начальному с завершением цикла после увлажнения конечного участка последней секции. Увлажнение участков секций обогащаемого слоя металлсодержащим раствором осуществляют сверху (рис. 3). Металлы осаждаются в обогащаемом слое с образованием техногенной руды. Отработанный раствор с выхода конечного или начального участка каждой секции обогащаемого слоя направляют в оборот на активирование выщелачиваемого слоя.

Для переработки бедного природного и техногенного сырья наиболее перспективны комбинированные методы, включающие более совершенные способы раскрытия рудных зерен, искусственное повышение контрастности свойств минералов под воздействием различных физических полей и гидрометаллургические процессы извлечения полезных ископаемых. При этом целесообразно использование всех составляющих минерального сырья, в том числе и нерудных минералов [2].

Одним из инновационных направлений переработки техногенного сырья является применение физико-химических геотехнологий. Эти методы перспективны при низкой химической активности нерудных минералов. Но и в тех случаях, когда химическая активность нерудных минералов высока, геотехнологии могут быть эффективными. Для этого целесообразно уже на стадии основного технологического процесса раздельно складировать продукты с относительно высоким и низким содержанием полезных минералов и различной крупностью, например, хвосты перечистных операций и контрольной флотации, сливы сгустителей и т.д. Учитывая кинетический фактор, при высокой скорости фильтрации растворов отрицательное влияние нерудных минералов на выщелачивание цветных металлов можно свести к минимуму.

При раздельном складировании продукты с низким содержанием полезных компонентов могут быть вовлечены в переработку как сырье для производства строительных и технических материалов. Объем хранилищ с повышенным содержанием минералов, опасных для окружающей среды, при этом существенно уменьшится, сократятся расходы на его поддержание в экологически безопасном состоянии.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Воробьев А.Е. Ресурсовоспроизводящие технологии горных отраслей. М: МГГУ, 2001. 150 с.
2. Кушаков Л.Б., Хан О.А., Сапрыгин А.Ф. Разработка технологии комплексной переработки техногенного полиметаллического песка // Цветные металлы. 2003. № 10. С. 64-65.
3. Мязин В.П., Баянов А.Е., Шемякина Е.Н. Особенности круглогодичного кучного выщелачивания природного и техногенного золотосодержащего сырья Забайкалья // Тр. межд. совещ. «Плаксинские чтения – 2011». Верхняя Пышма, 19-24 сент. 2011 г. М.: ИПКОН РАН, 2011. С. 421-424.
4. Патент РФ 2 277 169 С2. Опубл. 27.05.2006. Бюл. № 15.
5. Патент РФ 2 322 580 С1. Опубл. 20.04.2008. Бюл. № 11.
6. Патент РФ №2338063. Опубл. 2008. Бюл. № 31.

7. Птицын А.Б. Перспективы применения криогеотехнологических методов в Забайкалье // Горный журнал. 2011. № 3. С. 90-92.
8. Рыльникова М.В., Радченко Д.Н., Милкин Д.А. и др. Обоснование параметров и режима выщелачивания сырья техногенных образований, сопутствующих разработке медно-колчеданных месторождений // ГИАБ МГГУ. 2010. № 3. С. 340-350.
9. Селезнев С.Г. Новый подход к обогащению сульфидных Cu-Ni руд при разработке мелких месторождений // Рациональное освоение недр. 2011. № 2. С. 39-43.
10. Снурников А.П. Комплексное использование минеральных ресурсов в цветной металлургии. М.: Металлургия, 1986. 384 с.
11. Чантурия В.А., Макаров В.Н., Макаров Д.В. Экологические и технологические проблемы переработки техногенного сульфидсодержащего сырья. Апатиты: Изд-во КНЦ РАН, 2005. 218 с.
12. Халезов Б.Д. Исследования и разработка технологии кучного выщелачивания медных и Cu-Zn руд. Автореф. дисс. д.т.н. Екатеринбург, 2009. 42 с.
13. Халезов Б.Д., Ватолин Н.А., Неживых В.А. и др. Историческая справка и обзор зарубежной практики кучного и подземного выщелачивания // Горный информационно-аналитический бюллетень МГГУ. 2002. № 4.
14. Шадрунова И.В. Интенсивные низкотемпературные процессы выщелачивания некондиционных медьсодержащих георесурсов Урала // ГИАБ МГГУ. 2003. № 9. С. 16-17.
15. Юргенсон Г.А. Криоминералогенез в техногенных массивах // Минералогия техногенеза – 2009. Миасс: ИМин УрО РАН, 2009. С. 61-75.

ПРИМЕНЕНИЕ ВЕРМИКУЛИТА, СЕРПЕНТИНИТА И КАРБОНАТИТА ПРИ РЕКУЛЬТИВАЦИИ ТЕХНОГЕННЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

Слуковская М.В.[1], Горбачева Т.Т.[2], Иванова Л.А.[1], Иноземцева Е.С.[1]
[1] ПАБСИ КНЦ РАН, [2] ИППЭС КНЦ РАН, Апатиты, gorbacheva@inep.ksc.ru

Активная эксплуатация минерально-сырьевой базы Мурманской области способствовала формированию на ее территории техногенных месторождений, к которым относят скопления вторичных минеральных ресурсов, образовавшихся в результате складирования отходов производства или потребления. В отличие от естественных (геогенных) месторождений, они характеризуются пониженным содержанием полезного компонента, поэтому их разработка в настоящее время признается экономически нецелесообразной. Распространенным способом консервации и экологической реабилитации техногенных геосистем является отведение их части под самозарастание. Он оправдан только в случае экспонирования техногенных субстратов с благоприятными эдафическими свойствами. В процессе разработки месторождений Мурманской обл. никаких проектных решений относительно снятия с площади горных работ плодородного и потенциально-плодородного слоев с последующим складированием не предусматривалось из-за их маломощности (< 10 см, ГОСТ 17.4.3.02-85). Таким образом, основу техногенных месторождений области составляют отвалы вскрышных пород и отходы обогащения («хвосты»), имеющие минеральную основу «пустой породы» и, соответственно, низкий или несбалансированный питательный режим. Основным этапом при проведении рекультивации таких грунтов является землевание (нанесение плодородного или потенциально-плодородного слоев почвы) с последующим созданием растительного покрова (дернины) из многолетних трав, устойчивых к жестким климатическим условиям Крайнего Севера и многокомпонентной аэротехногенной нагрузке. Но это – дорогой и весьма трудозатратный способ, а изъятие плодородного слоя с других территорий переводит их в категорию нарушенных. В качестве альтернативы авторами предложена инновационная биотехнология, включающая в себя комбинацию двух методов: создание насыпного экранирующего слоя на основе Ca-, Mg- и карбонатсодержащих отходов горнорудной промышленности (серпентинит, карбонатит) и гидропонного вермикулитового слоя с благоприятным пролонгированным действием на питательный режим техногенного грунта; посев толерантных видов растений.

Материалы и методы. В 2010 г. проведена серия лабораторных экспериментов по созданию растительного покрова на минеральных грунтах техногенной пустоши, отобранных на расстоянии 5 км от комбината «Североникель». Выбор грунта обусловлен стремлением применить в качестве контроля субстрат со свойствами, наиболее неблагоприятными для произрастания растений, с параллельным включением в его состав экранирующих слоев одинаковой мощности. По проведенной оценке фитотоксичности грунтов в импактной зоне комбината «Североникель» они отнесены к группе «сильнотоксичных» [3].

Пробоподготовка высушенных до воздушно-сухого состояния образцов рекультивируемого грунта и вермикулита проводилась по общепринятым методам почвенных анализов (рассев на сите 1 мм, определение гигроскопической влажности, экстракция аммонийно-ацетатным буфером). Содержание доступных форм элементов питания и поллютантов в аммонийно-ацетатной вытяжке (pH = 4.65) определяли методами атомно-эмиссионной и атомно-абсорбционной спектрометрии, pH – потенциометрическим методом, P – методом Ватанабэ по интенсивности синей окраски восстановленного P-Mo комплекса.

Формирование травяной дернины гидропонным способом прямого посева. Использовали гидропонные экспресс-методы создания растительного покрова на основе субстрата из вермикулитового концентрата Ковдорского месторождения по инновационной запатентованной технологии [2]. Благодаря уникальным свойствам (стерильность, высокая влаго- и воздухоемкость, буферность, способность к катионо- и анионо-обмену) вермикулит выполняет функции биологически активного почвоподобного тела и позволяет получать в короткие сроки (до 14 дней), высококачественную растительную дернину с заданным видовым составом и плотностью травостоя [1].

Экспериментальные исследования проводились в феврале-мае 2010 г. в лабораторных условиях. Растения выращивали в круглых пластиковых емкостях высотой 4.7 см, посевной площадью поверхности 0.95 дм^2 и объемом 0.45 дм^3. На дно сосуда производили послойную укладку техногенного грунта и отходов, затем – вермикулитового субстрата. Схема лабораторных опытов представлена в таблице 1. Все слои увлажняли водой из расчета 1000 л/м^3. Поверхностный слой из вермикулита насыщали водным раствором комплексных минеральных удобрений с общей минерализацией 1590 мг/л из расчёта 100 л/м^3. Состав питательной смеси, мг/л: N – 141.6, P – 37.8, K – 191.3, Ca – 164.5, Mg – 29.7, S – 97.8, Fe – 4.0, B – 0.5, Mn – 0.5, Zn – 0.05, Cu – 0.05, Mo – 0.01, Co – 0.01. Схема лабораторного эксперимента включала контрольную и опытную серии.

Таблица 1. Схема лабораторного эксперимента.

Маркировка серии	Сроки проведения экспериментов	№ опыта	Виды грунта (субстрата) и высота слоя, см			Вариант	Количество повторностей
			техногенный грунт	экранирующий слой	вермикулит		
К	26.02-29.03.	1	2.5	нет	1.0	контрольный	2
Н	20.04-21.05.	2	1.0	карбонатит (1.0)	1.0	опытный	4
		3		серпентинит (1.0)	1.0	опытный	4
		4		нет	1.0	контрольный	8

Примечание. Серия К – контрольный; серия Н – с использованием субстратов на основе горнопромышленных отходов.

Для формирования травостоя использовали смесь семян злаковых растений (травосмесь), рекомендуемую для рекультивации нарушенных территорий в районах Крайнего Севера: овсяница красная (*Festuca rubra L.*) – 44.4 %; кострец безостый (*Bromus inermis Leyss.*) – 33.4 %; фестулолиум изумрудный (*Festulolium smaragdinum*) – 11.1 %; овсяница луговая (*Festuca pratensis Huds.*) – 11.1 %. Норма посева смеси семян 140 г/м^2. Емкости с растениями размещали на подоконнике, выращивали при естественном освещении. Интенсивность освещения в период проведения экспериментов в среднем составляла в пасмурные дни 6, в солнечные – 20 Клк, температура воздуха в помещении – 18-22 °C, влажность воздуха – 60 %. Статистическая обработка результатов проводилась методами описательной статистики и однофакторного дисперсионного анализа.

Результаты и обсуждение. Характеристика физико-химических свойств применяемых субстратов приведена в таблице 2. Техногенный грунт из-за более низкого содержания доступных форм элементов питания (K, Ca, Mg, P, Mn, Zn) по сравнению с минимальными отмеченными уровнями в почве жизнеспособных травянистых микрогруппировок может быть признан крайне неблагоприятным для создания на нем растительного покрова. Соизмеримость максимальных уровней доступности соединений Cu и Ni в почвах жизнеспособных травянистых микрогруппировок с их содержанием в техногенном грунте указывает на возможность проведения рекультивации грунта без его предварительной детоксикации. Свойства

вермикулитового субстрата как почвозаменителя более благоприятны для создания травяного покрова: содержание форм K сопоставимо с минимально отмеченными уровнями, Ca, Mg, P – существенно их превышают. В отношении Mn и Zn отмечен дефицит содержания, который может быть компенсирован внесением незначительных доз комплексных удобрений.

Таблица 2. pH и содержание в грунте соединений, доступных для растений.

Параметр	Техногенный грунт	Вермикулитовый субстрат	Уровень толерантности травяного покрова к загрязненной почве*
pH	4.29 ± 0.18	7.30 ± 0.02	4.20 ± 0.21
Mg, мг/кг	8.6 ± 9.2	10770 ± 1326	252 ± 110
K, мг/кг	15 ± 5	471 ± 66	525 ± 176
Ca, мг/кг	73 ± 85	2599 ± 69	1910 ± 665
P, мг/кг	22 ± 6	480 ± 11	73 ± 41
Mn ,мг/кг	10 ± 7	27 ± 0.2	270 ± 177
Fe, мг/кг	262 ± 77	62 ± 10	30 ± 23
Cu ,мг/кг	387 ± 56	8 ±0.4	317 ± 222
Zn, мг/кг	0.8 ± 0.2	8.7 ± 0.8	25 ± 8
Ni, мг/кг	22 ± 7	6 ± 2.8	516 ± 256
Al, мг/кг	2856 ± 405	0.1	30

***** По результатам анализа почв жизнеспособных травянистых микрогруппировок на территориях, подверженных аэротехногенному загрязнению в зоне действия выбросов комбината «Североникель» (данные мониторинговых исследований ИППЭС КНЦ РАН).

Результаты экспериментов серии K (контрольный, срок проведения 26.02-29.03.2010). Рост надземной части растений до 14 см наблюдался только на первых стадиях развития (до 14 суток), к моменту начала освоения корнями техногенного грунта рост растений затормаживался, высота травяного покрова оставалась на уровне 14-16 см до конца эксперимента. Доля погибших растений не превышала 7.1±1.1 %. Плотность травостоя в расчете на посевную площадь 0.95 дм^2 составляла 650.0±84.9 шт. Мощность сформированной дернины не превышала 2.4±0.19 см, т.е. активного проникновения корней в техногенный грунт не наблюдалось.

Результаты экспериментов серии H (опытный, срок проведения 20.04-21.05.2010). Динамика роста растений в травостоях, сформированных с применением экранирующего слоя из горнопромышленных отходов, представлена в таблице 3.

Таблица 3. Динамика роста растений в травостоях, сформированных на разных видах отходов.

Вариант	Высота растений, см				
	Дата проведения измерений				
	28.04	30.04	6.05	11.05	21.05
Контроль	6.00±0.75	11.65±0.67	15.39±1.32	19.88±0.79	26.31±0.19
Карбонатит	5.18±0.24	10.75±0.79	14.95±0.62	21.13±1.31	26.08±2.47
Серпентинит	5.35±0.39	10.8±0.59	14.73±0.81	20.13±1.03	26.35±0.47

Во всех вариантах опыта серии H отмечался постепенный рост надземной части растений (до 26 см к концу эксперимента). Прирост высоты растений в контрольных вариантах, проведенных в разное время (табл. 1), различался почти в 2 раза. Это может быть обусловлено различием в интенсивности естественного освещения в апреле-мае по сравнению с февралем-мартом, а также более высокой токсичностью слоя большей мощности. Сравнение выборок контрольных вариантов выявило значимо большее накопление сырой массы в контрольном варианте серии H: 16.94 ± 1.04г против 5.98 ± 0.07г в серии K ($p < 0.005$, $n = 8$). В последнем случае отмечена отрицательная зависимость размера биомассы от общего накопления доступных форм Cu (r = -0.80), Ni (-0.50), Al (-0.57) во всем слое. Отличия значений воздушно-сухой массы также статистически достоверны ($p < 0.005$, $n = 8$).

Сопоставимость прироста надземной части растений с применением горнорудных отходов с контрольным вариантом (табл. 3) позволяет предполагать, что рост растений в большей степени определяется благоприятным питательным режимом вермикулитового слоя, где сосредоточена основная масса корней,

чем снижением фитотоксичности грунта. В контрольном варианте коэффициенты корреляции (r) высоты травостоя и характеристик техногенного грунта (n = 8) статистически незначимы по следующим параметрам: Ca (0.28), Mg (-0.41), Fe (0.11), Cu (-0.17), Ni (-0.10), P (0.08).

Плотность травостоя в расчете на посевную площадь 0.95 дм^2 в опыте с карбонатитом и серпентинитом сопоставимы (598 ± 43.5 и 560 ± 67.3 шт), как и мощность сформированной дернины (4.4 ± 0.4 и 4.1 ± 0.1 см). В обоих вариантах отмечено проникновение корней в техногенный грунт на глубину до 1 см, что говорит о значительной степени освоения техногенного грунта корневыми системами растений.

Сравнение выборок серии Н выявило большее накопление сырой массы растений в варианте с серпентинитом: 19.38±0.98 г против 16.94 ± 1.04 г в контроле ($p < 0.005$, n = 4) и против 14.6 ± 4.77 г в варианте с карбонатитом ($p < 0.1$, n = 4). Отличия значений воздушно-сухой массы в опытах с серпентинитом и карбонатитом также статистически достоверны ($p < 0.05$, n = 4).

Вывод. В краткосрочном эксперименте отмечено положительное влияние горнорудных отходов на накопление биомассы растительного покрова, наиболее выраженное у серпентинита. В настоящее время проводится оценка пролонгированности действия экранирующего слоя на фитотоксичность в условиях полевого эксперимента.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Kotelnikov V.A., Ivanova L.A. Method for biologically recultivating industrial wastelands. Pub. WO/2011/084079. Int. Appl. PCT/RU2010/000001. Publ. Date: 14.07.2011. Int. Filing Date: 11.01.2010. IPC: A01B 79/02 (2006.01), A01G 1/00 (2006.01), A01G 31/00 (2006.01).
2. Иванова Л.А., Котельников В.А. Патент № 55110. Полезная модель «Трубчатая наклонная печь для обжига вспучивающихся материалов». 2006. Бюл. № 21.
3. Калабин Г.В. Евдокимова Г.А., Горный В.И. Оценка динамики растительного покрова нарушенных территорий в процессе снижения воздействия комбината «Североникель» на окружающую среду // Горный журнал. 2010. № 2. С. 74-77.

ИССЛЕДОВАНИЕ ОТХОДОВ ОБОГАЩЕНИЯ ЖЕЛЕЗИСТЫХ КВАРЦИТОВ КАК СЫРЬЯ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ СТРОИТЕЛЬНОЙ КЕРАМИКИ

Суворова О.В.[1], Лащук В.В.[1], Макаров Д.В.[2], Бокарева В.А.[1], Кожина И.С.[1]

[1] ИХТРЭМС КНЦ РАН, [2] ИППЭС КНЦ РАН, Апатиты, suvorova@chemy.kolasc.net.ru, makarov@inep.ksc.ru

ОАО «Олкон» является крупным горно-обогатительным комбинатом, обеспечивающим добычу, переработку железистых кварцитов и получение железорудного концентрата. После обогащения железных руд образуются мелкозернистые отходы, миллионы м^3 которых ежегодно сбрасываются в хвостохранилище. В 2001 г. выход хвостов обогащения руды составил 4.7 млн м^3. То есть, на 1 т концентрата пришлось 1.2 м^3 отходов [2]. Радикальный способ снижения отрицательного воздействия на окружающую среду – полная переработка отходов в строительные материалы [4]. Одним из перспективных направлений утилизации отходов является получение строительных керамических материалов методами жидкостного спекания и гиперпрессования [5]. Целью работы является инженерно-геологическое, минералогическое изучение отходов обогащения железных руд и оценка возможности использования этого техногенного сырья для получения строительной керамики. Для этого было проведено опробование хвостохранилища ОАО «Олкон». Пройден горизонтальный профиль с интервалом 40 м и отобрано 26 проб. Материал подвергался комплексным исследованиям, включающим изучение гранулометрического, минерального и химического составов, а также плотностных показателей. Анализ гранулометрического состава показал (табл. 1), что отходы с массой частиц > 0,1 мм составляют 75.9 %, по крупности зерен они соответствуют мелкому песку [3].

В естественных условиях залегания средняя плотность отходов обогащения в среднем составляет 1.62 г/см^3 (дов. инт. 1.56-1.66 г/см^3, $К_{вар}$ = 0.08), истинная плотность 2.89 г/см^3 (дов. инт. 2.85-2.93 г/см^3, $К_{вар}$ = 0.04), пористость 44 % (дов. инт. 43-45 %, $К_{вар}$ = 0.08), коэффициент пористости 0.79 (дов. инт. 0.75-0.84, $К_{вар}$ = 0.16). Анализ инженерно-геологических показателей показал, что техногенные мелкозернистые пески характеризуются средней уплотненностью, по показателю пористости близки к типичным природным

песчаным породам [3]. Но они отличаются повышенным значением истинной плотности, нормативные показатели которой для строительных песков по ГОСТ 8736 составляют 2.0-2.8 г/см^3.

Таблица 1. Гранулометрический состав отходов обогащения железистых кварцитов, складированных на хранилище ОАО «Олкон», мас. %.

Статистические характеристики	Размер фракции, мм, вид несвязной породы.							
	+ 10 (ДРк)	5-10 (ДРс)	2-5 (ДРм)	1-2 (ПЕСг)	0.5-1.0 (ПЕСк)	0.25-0.50 (ПЕСс)	0.10-0.25 (ПЕСм)	- 0.10 (ПЕСт)
$X_{ср.}$	0.1	1.7	4.4	4.5	5.6	21.1	38.5	24.1
Дов. инт.	0.0-0.2	1.1-2.2	3.2-5.6	3.3-5.7	4.2-7.0	17.9-24.3	35.5-41.5	18.4-29.8
$К_{вар.}$	2.50	0.85	0.74	0.71	0.64	0.39	0.21	0.62

Примечание. Дов. инт. – границы доверительной оценки точности среднего значения для выборки из 26 проб с надежностью 0.95; ДРк, ДРс и ДРм – дресва (крупная, средняя и мелкая); ПЕСг, ПЕСк, ПЕСс, ПЕСм и ПЕСт – песок (грубый, крупный, средний, мелкий и тонкий, в т.ч. пылеватые и глинистые частицы); жирным шрифтом и курсивом выделены коэффициенты вариации выше 1.00 и ниже 0.50.

Минералогическими исследованиями установлено, что отходы обогащения железистых кварцитов в крупных фракциях размером > 2 мм, составляющих 6.2 мас. % отходов, содержат 8.5 мас. % дресвяных обломков горных пород. Они представлены железистыми кварцитами, амфиболовыми гнейсами, амфиболитами и сланцами, биотитовыми гнейсами, шламом, лептитами, плагиогнейсами и гранитными пегматитами. Вредными примесями для производства, например, строительного щебня по ГОСТ 8267 являются железистые кварциты, шлам, в меньшей мере углисто-глинистые сланцы. Содержание их в среднем составляет 6-7 мас. %, что ниже допустимого по ГОСТ 8267. Основная масса отходов, представленная песчанистыми фракциями размером 0.1-2 мм, содержит отдельные минералы и сростки. Главными компонентами являются кварц, плагиоклазы, слюды (биотит + мусковит) и амфиболы, средние содержания которых 29.4, 20.9, 11.3 и 10.7 мас. %. Второстепенные минералы представлены калиевым полевым шпатом, пироксенами и магнетитом, средние содержания которых 8.0, 3.7 и 4.0 мас. %. Редкими минералами в этих отходах являются гранат и силлиманит, средние содержания которых 1.6 и 1.5 мас. %. Вредными минералами для строительного песка по ГОСТ 8736 являются магнетит и особенно слюды, содержание которых превышает допустимое значение 2 мас. %.

Анализ содержаний минералов показал, что однородное распределение характерно для кварца, плагиоклаза и калиевого полевого шпата ($К_{вар}$ = 0.27-0.35), менее однородное отмечено для амфибола, магнетита и пироксенов ($К_{вар}$ = 0.59-0.96), неоднородное – для слюд (биотит, мусковит), граната и силлиманита ($К_{вар}$ = 1.17-2.16). При использовании техногенных песков ОАО «ОЛКОН» в некоторых случаях необходима дополнительная корректировка состава. По химическому составу средней пробы – это Mg-Ca-Al-Fe-силикатный материал, в котором средние содержания (> 3 мас. %) SiO_2, Fe_2O_3+FeO, Al_2O_3, CaO, MgO составляют 71.4, 10.8, 5.4, 3.6, 3.2 мас. %. Низкие содержания характерны для Na_2O, K_2O и P_2O_5, значения которых в среднем составляют 1.3, 1.0, 0.3, 0.1 мас. %.

Результатом проведенных исследований стала разработка строительных керамических материалов на основе хвостов обогащения железистых кварцитов методами жидкостного спекания и гиперпрессования. Ранее обоснована возможность получения керамических материалов методом жидкостного спекания с использованием в качестве одного из компонентов шихты минеральных фракций кварца из жил керамических пегматитов месторождения Куруваара [5]. В связи с тем, что месторождения кварца не так многочисленны, рассмотрена возможность замены кварца отходами обогащения железистых кварцитов. По результатам исследований определены оптимальные составы керамических масс на основе отходов обогащения апатит-нефелиновых, Cu-Ni руд и железистых кварцитов. Во всем диапазоне составов получены материалы, отвечающие требованиям ГОСТ 530-2007 на стеновую керамику [1].

Детальное изучение свойств керамических строительных материалов проводили с составом, содержащим отходы обогащения апатит-нефелиновых руд 40 мас. %, Cu-Ni руд 40 мас. % и железистых кварцитов 20 мас. %. Для получения образцов керамики сырьевые компоненты измельчали до удельной поверхности 3000 см^2/г. Смесь тщательно гомогенизировали, увлажняли до оптимальной влажности и формовали прессованием при удельном давлении 20 МПа. В качестве временной связки для придания прочности сырцу использовали сульфитно-спиртовую барду в количестве 0.5 мас. %. После сушки при 105 °С образ-

цы обжигали при температурах 900-1150 °С с изотермической выдержкой 0.5-5 час. Остывание проводили в печи в течение 8 час. Обожженные образцы испытывали на прочность при сжатии и изгибе. Кроме того, определяли среднюю плотность, пористость, водопоглощение, усадку. Для отдельных образцов определяли химическую стойкость и морозостойкость. Свойства керамики, полученной методом жидкостного спекания с использованием в качестве компонента керамических масс кварца (состав 1) и отходов обогащения железных руд (состав 2), даны в табл. 2.

Таблица 2. Свойства образцов керамики, полученных методом жидкостного спекания.

№ состава	Температура обжига, °С	Средняя плотность, г/см^3	Истинная плотность, г/см^3	Пористость, %	Усадка, %	Предел прочности при сжатии, МПа	Предел прочности при изгибе, МПа	Водопоглощение, %
1	950	1.72	2.89	40.50	1.70	29.90	7.60	23.00
	1000	1.78	2.80	37.10	2.90	48.60	9.10	20.50
	1050	2.24	2.84	21.10	10.90	104.90	20.40	6.00
2	950	1.73	2.92	40.75	1.24	19.00	8.20	21.18
	1000	1.74	2.90	40.00	1.64	23.40	17.00	21.26
	1050	1.98	2.81	29.54	6.00	106.00	30.50	9.55

Таблица 3. Свойства гиперпрессованных материалов на основе отходов обогащения железных руд.

Давление прессования, МПа	Плотность, кг/м^3	Предел прочности, МПа		Водопоглощение, %	Морозостойкость, циклы	Теплопроводность, Вт/м°К
		при сжатии	при изгибе			
состав 1 (6 % цемента)						
100	2210	11.1	1.3	12.1	более 50	
200	2270	9.2	1.7		более 50	
300	2290	12.9	2.1	10.8	более 50	
состав 2 (8 % цемента)						
100	2220	10.6	2.2	12.0	более 50	
200	2290	13.6	2.7		более 50	
300	2310	16.2	2.7	9.7	более 50	
Состав 3 (11 % цемента)						
100	2250	17.3	3.1	12.7	более 50	0.63
100*	2250	17.3	3.1	12.7	более 50	0.58
200	2310	20.5	3.3		более 50	
300	2330	22.6	3.6	9.1	более 50	
Состав 4 (15 % цемента)						
100	2270	24.9	4.3	10.9	более 50	0.74
100*	2270	24.9	4.3	10.9	более 50	0.70
200	2330	29.6	4.9		более 50	
300	2360	30.6	4.4	8.9	более 50	

Примечание. *из материала хвостов предварительно отделялась магнитная фракция.

Исследования показали, что использование отходов обогащения железистых кварцитов для приготовления керамических масс способствует снижению усадки образцов после обжига при сохранении высоких показателей физико-механических характеристик изделий, а в некоторых случаях, и их улучшении. Смесь для изготовления изделий методом гиперпрессования состоит из трех компонентов: отходы обогащения

железных руд, портландцемент марки от 300 до 500 в количестве 6, 8, 11, 15 мас. % и вода (8 % сверх 100 %). Из смеси указанных составов изготавливали кубики 40×40×40 мм. Давление изменяли от 100 до 300 МПа. Определяли прочность при сжатии, изгибе, плотность, водопоглощение, морозостойкость и теплопроводность материалов после 28 сут. твердения. Результаты испытаний даны в табл. 3. Материалы удовлетворяют требованиям к кирпичу гиперпрессованному (ТУ 5741-021-00284753-99).

Кроме того, проведены исследования гиперпрессованных образцов после длительного нахождения в естественных условиях (6 и 13 мес.) под воздействием природных факторов: влажности, осадков, температурных перепадов, процессов замораживания – оттаивания, радиационного воздействия солнечных лучей. После 13 мес. наблюдается увеличение прочностных характеристик материалов в среднем на 25-40 %.

Таким образом, проведены комплексное изучение отходов обогащения железных руд и оценка возможности использования техногенного сырья для получения керамических материалов. Установлены особенности гранулометрического, минерального составов, инженерно-геологические характеристики отходов обогащения ОАО «Олкон». Их можно рассматривать как нетрадиционный техногенный вид минерального сырья для получения строительной керамики. Обоснована возможность замены кварца на отходы обогащения железистых кварцитов в керамическом сырье. Исследования показали перспективность отходов обогащения железистых кварцитов в качестве компонента керамических масс для производства керамических материалов методом гиперпрессования и жидкостного спекания.

Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований, грант №10-03-98802р_север_а.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бокарева В.А. Получение керамических строительных материалов из хвостов обогащения руд Кольского п-ова // Минералогия техногенеза – 2010. Миасс: ИМин УрО РАН, 2010. С. 163-169.
2. Брянцева Н.Ф., Крашенинников О.Н., Сухорукова Р.Н. Отходы обогащения // Строительные и технические материалы из минерального сырья Кольского п-ова. Ч. 1. Апатиты: Изд-во КНЦ РАН, 2003. С. 170-182.
3. Ломтадзе В.Д. Инженерная геология: инженерная петрология. Л.: Недра, 1970. 528 с.
4. Макаров В.Н. Экологические проблемы хранения и утилизации горнопромышленных отходов. Апатиты: Изд-во КНЦ РАН, 1998. Ч. 1. 126 с. Ч. 2. 146 с.
5. Суворова О.В., Макаров Д.В., Плетнева В.Е. Получение керамических материалов на основе хвостов обогащения вермикулитовых и апатит-нефелиновых руд // Стекло и керамика. 2009. № 7. С. 22-24.

ГРАНУЛОМЕТРИЧЕСКИЙ И ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ОЗЁР БОЛЬШОЙ И МАЛЫЙ ВУДЪЯВР

Югай В.С., Даувальтер В.А., Кашулин Н.А.

ИППЭС КНЦ РАН, Апатиты, 555samuray555@mail.ru

С 1934 г. неочищенные сточные воды предприятия АНОФ-1 поступали в оз. Б. Вудъявр [7]. В СВ часть озера сегодня поступают шахтные воды рудников Кировский и Расвумчоррский. Это стало причиной повышения концентрации Al, Sr, Na, K и др. элементов в воде и донных отложениях (ДО) водоёма. ДО – среда обитания и источник питания многих пресноводных организмов. Загрязняющие вещества аккумулируются в ДО, а затем попадают в водные организмы [2]. Важной характеристикой ДО, отражающей изменения условий на водосборной площади, а также влияние человеческой деятельности непосредственно на водоём, является гранулометрический состав [9]. Кроме соотношения частиц разного размера важно знать концентрации металлов в них. Наиболее опасными, из-за способности накапливать загрязняющие вещества и высокой подвижности, являются частицы малого размера [6]. Целью данного исследования было определение фракций ДО, с которыми в озера поступают и депонируются характерные для исследованного района загрязнители – Al, Sr, Na, K. Так же в ходе исследования на модельных водоёмах было проверено утверждение о преимущественной концентрации загрязняющих веществ в наиболее тонких частицах ДО [6]. В качестве объектов выбраны оз. Б. и М. Вудъявр, принадлежащие системе р. Б. Белой (рис. 1). Оз. М. Вудъявр условно принято за фоновое, т.к. испытывает только аэротехногенное воздействие со стороны горнодобывающих предприятий.

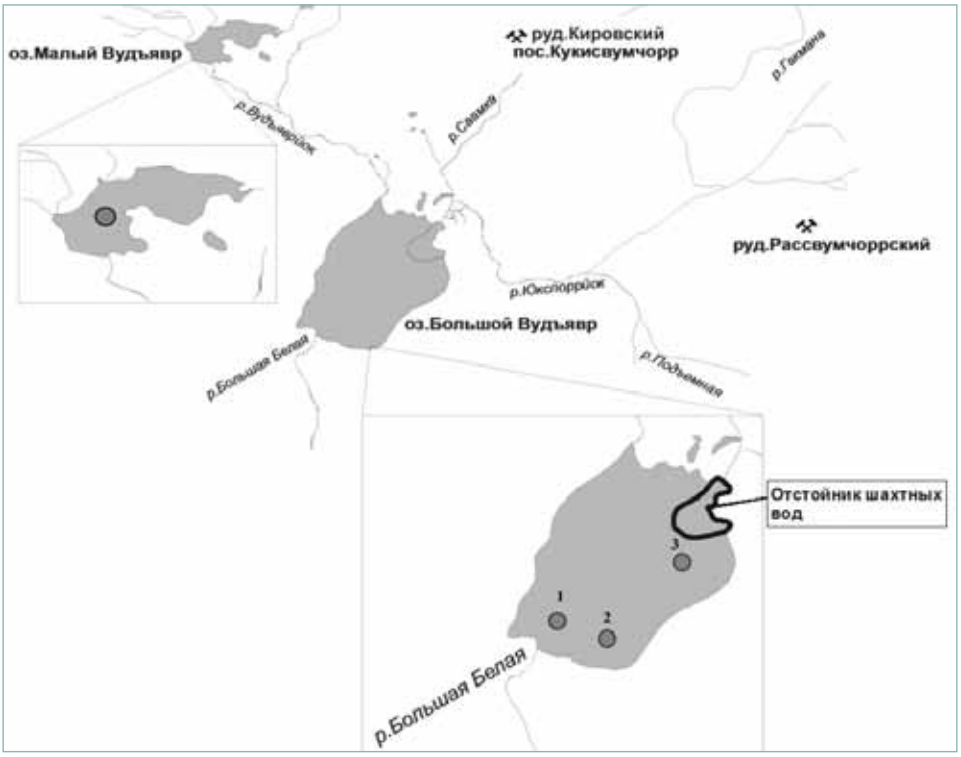


Рис. 1. Озёра Большой и Малый Вудъявр и расположение станций отбора проб.

Установлено, что воды оз. Б. Вудъявр обладают гидрохимической неоднородностью, обусловленной поступлением загрязнителей в районе отстойника шахтных вод, неравномерно распределяющихся по акватории [4]. Исходя из этого, исследования проводились на нескольких станциях отбора проб в разных зонах акватории: 1 – ЮЗ часть озера, зона стока (глубина отбора проб 20 м), 2 – южная часть, зона смешения рудничных и условно чистых вод (10 м), 3 – восточная часть, зона поступления шахтных вод ОАО «Апатит» (13 м). Отбор проб из оз. М. Вудъявр произведён на станции с глубиной 5 м. Пробы ДО отобраны дночерпателем Экмана-Берджа (площадь захвата грунта 250 см^2). Далее пробы помещались в пластиковые вёдра, в которых хранились до анализа в тёмном прохладном месте. В лаборатории пробы высушивались при 70 ºС при периодическом помешивании.

Гранулометрический состав определён с помощью пипетки Качинского-Федунова по методике Качинского [5]. Разделение частиц на размерные фракции производилось методом отмучивания. Для этого пробы, в которых был определён гранулометрический состав, взмучивали и через определённое время сливали верхний слой суспензии. Вычисление времени сливания суспензии для каждой пробы и каждой фракции производилось согласно [5]. В результате получены 5 фракций каждой пробы: 0.25-0.05, 0.05-0.01, 0.01-0.005, 0.005-0.001 и < 0.001 мм. Далее методом кислотной вытяжки концентрированной HNO_3 в металлических автоклавах с тефлоновыми вкладышами [3, 7, 10] извлекались кислоторастворимые формы соединений Cu, Ni, Zn, Al, K, Na, Sr. Спектрофотометрически (приборы AAS-30 фирмы Carl Zeiss и Perkin Elmer 360) в вытяжках определяли концентрации элементов. Более крупные фракции не исследовались по причине малого содержания в пробе и недостаточного количества для анализа.

Содержание Ni в крупной фракции ДО оз. М Вудъявр значительно превышает наибольшие концентрации металла, определённые в тонких фракциях ДО оз. Б. Вудъявр (табл. 1). При этом в ДО ст. 1 и 2 оз. Б. Вудъявр обнаружен второй пик концентраций в крупной фракции. Концентрации Cu и Zn в ДО фонового водоёма оказались значительно ниже по сравнению с большинством концентраций металлов во фракциях ДО оз. Б. Вудъявр. Поступление металлов в водоёмы связывают с деятельностью комбината ОАО «Апатит» (сброс сточных вод в оз. Б. Вудъявр, пыление хвостов, взрывные работы) и атмосферными выбросами комбината Североникель ОАО «Кольская ГМК» [8]. Известно, что металлы в незначительных количествах содержатся в породах Хибинского массива. Отмечено снижение концентраций Ni от ст. 1 к ст. 3, что может быть обусловлено влиянием АНОФ-1 на южном берегу озера. Обработка руд АНОФ-1, вероятно, интенсифицировала извлечение, в том числе и рассматриваемых металлов из породы, что приводило

к содержанию больших количества Cu, Ni и Zn в сточных водах предприятия [8]. В оз. М. Вудъявр эти металлы поступают в основном путём аэротехногенного загрязнения (прямое загрязнение водоёма и сток с прилегающей территории) и вследствие естественных процессов разрушения окружающих горных пород. В ДО фонового водоёма в песчаных частицах 0.05-1 мм отмечаются высокие концентрации Cu и Zn. В ходе процессов физического выветривания образуются преимущественно песчаные частицы [1]. Возможно, это и является причиной высоких концентраций элементов в крупной фракции ДО оз. М Вудъявр.

За некоторым исключением, распределение Al по фракциям примерно одинаково в ДО обоих озёр, чего нельзя сказать о Sr – его концентрации на ст. 1 значительно превосходят концентрации, определённые в др. станциях и оз. М. Вудъявр. Наибольшие фоновые концентрации K примерно соответствуют наименьшим концентрациям оз. Б. Вудъявр. Наивысшие концентрации Na ДО водоёмов находятся на одном уровне. На ст. 1 и 2 оз. Б. Вудъявр обнаружены вторые пики концентраций металла в крупной фракции, совпадающие со вторыми по величине пиками Ni. Возможно, это указывает на совместное поступление элементов в водоём. Максимальные значения концентраций Ca в фоновом водоёме примерно соответствует самым низким в оз. Б. Вудъявр.

По результатам исследования можно заметить, что распределение металлов по фракциям в ДО водоёмов подчиняются разным закономерностям. В ДО оз. М. Вудъявр наибольшие концентрации Cu, Ni, Zn определены в крупных фракциях, в то время как в ДО оз. Б. Вудъявр максимальные значения концентраций элементов приходятся на более мелкую фракцию. Al в фоновом водоёме и оз. Б. Вудъявр в больших количествах обнаружен в составе мелких частиц. При этом отмечается постепенное нарастание концентраций от крупных частиц к мелким. В целом по Sr не выявлено каких-либо закономерностей распределения. Но высокие концентрации Sr и Ca обнаружены в одних и тех же фракциях в оз. Б. Вудъявр и фоновом водоёме. Возможно, это связано с их схожими свойствами, а также с их значительными содержаниями в породах Хибин [7]. В распределении Mg также не обнаружено каких-либо закономерностей. Можно лишь отметить, что в фоновом водоёме наибольшие концентрации определены в наиболее крупной фракции, как и для Cu, Ni, Zn, Sr.

Таблица 1. Массовая доля фракций и концентрации элементов во фракциях ДО оз. Б. и М. Вудъявр; « - » данные отсутствуют.

Озеро	Фракции ДО		Концентрация элементов во фракциях, мкг/г сухого веса								
	размер частиц, мм	содержание, %	Cu	Ni	Zn	Al	Sr	K	Na	Ca	Mg
Б. Вудъявр ст. 1	0.25-0.05	29.5	64.3	130	241	23301	1596	9377	1787	23284	3728
	0.05-0.01	24.5	103	120	393	42500	2077	3677	1404	31343	5243
	0.01-0.005	7.71	120	120	651	53226	1298	4800	1404	27761	6874
	0.005-0.001	25.2	146	130	559	70161	1170	8838	1596	26866	8971
	<0.001	6.40	189	140	693	93373	783	12097	44000	12537	7573
Б. Вудъявр ст. 2	0.25-0.05	14.9	46.7	60	255	25301	976	2710	3613	17015	3845
	0.05-0.01	44.8	65.6	50	310	31216	824	2613	1596	17910	6408
	0.01-0.005	12.9	115	60	545	47368	680	4300	2258	17910	8854
	0.005-0.001	12.7	141	80	882	66667	948	7052	2129	20597	11364
	<0.001	4.30	249	80	904	78571	449	10645	86773	10000	9204
Б. Вудъявр ст. 3	0.25-0.05	37.6	24.5	8.16	147	12094	581	1591	857	–	–
	0.05-0.01	26.8	214	46.5	659	35792	890	3733	5592	–	–
	0.01-0.005	10.2	217	41.2	718	51559	1005	5775	6187	–	–
	0.005-0.001	10.8	256	48.7	904	56805	905	7761	6923	–	–
	<0.001	7.20	332	79.8	1495	78462	865	19218	83494	–	–
М. Вудъявр	0.25-0.05	4.38	96.4	210	420	26887	1105	2762	2147	9313	3170
	0.05-0.01	40.1	53.6	64.3	580	71429	343	1905	692	2507	2377
	0.01-0.005	19.2	53.6	50.0	393	85714	157	1905	500	1636	2000
	0.005-0.001	17.5	28.0	42.0	297	90476	86	2226	333	1273	2151
	<0.001	9.31	64.3	28.0	462	76190	71	3290	69659	1818	1111

Сопоставив доли каждой фракции и соответствующих концентраций элементов оз. Б. Вудъявр, можно заключить, что экологически наиболее опасны частицы 0.005-0.001 мм с относительно высоким содержанием всех элементов (ст. 1), так как они обладают малой гидравлической крупностью и легко переносятся течениями. В фоновом водоёме отмечено содержание больших количеств почти всех элементов (Cu, Ni, Zn, Sr, Ca, Mg) в крупной фракции, в то время как в оз. Б. Вудъявр высокие содержания элементов (Cu, Ni, Zn, Al, K, Na) обнаружены преимущественно в частицах малого размера. Таким образом, распределение элементов в фоновом водоёме не подчиняется обычной закономерности концентрации больших количеств элементов в наиболее мелких частицах ДО.

В ДО оз. Б. Вудъявр наблюдается тенденция закономерного роста концентраций Cu, Ni, Zn, Al от крупных фракций к мелким. Al является одним из главных загрязнителей и в больших количествах обнаружен в мелких частицах ДО изученных водоёмов. При этом отмечается постепенное нарастание концентраций металла от крупных частиц к мелким. В распределении Sr по фракциям не обнаружено закономерностей, за исключением того, что высокие концентрации Sr и Ca обнаружены в одних и тех же фракциях.

Таким образом, значительные количества исследованных элементов в оз. Б. Вудъявр переносятся преимущественно частицами 0.005-0.001 и < 0.001 мм, содержащиеся в большом количестве только на ст. 1. Частицы крупного и среднего размера (0.25-0.05, 0.05-0.01 и 0.01-0.005 мм), содержащиеся в больших количествах на всех станциях, играют важную роль в миграции и депонировании Sr. В оз. М Вудъявр главными «аккумуляторами» являются частицы крупных и средних размеров, за исключением Al, K и Na, которые входят в состав частиц 0.005-0.001 и < 0.001 мм.

Наибольшую экологическую опасность представляют частицы 0.005-0.001 мм, содержание относительно высокие концентрации всех элементов (ст. 1). Они легко переносятся по водоёму течениями и могут стать источником вторичного загрязнения воды.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Градзиньский Р., Костецкая А., Радомский А. и др. Седиментология. М.: Недра, 1980. 640 с.
2. Даувальтер В.А. Оценка токсичности металлов, накопленных в донных отложениях озёр // Водные ресурсы. 2000. Т. 27. № 4. С. 469-476.
3. Даувальтер В.А. Исследование физического и химического состава донных отложений при оценке экологического состояния водоёмов. Мурманск: Изд-во МГТУ, 2006. 84 с.
4. Денисов Д.Б., Кашулин Н.А., Терентьев П.М. и др. Современные тенденции изменения биоты пресноводных экосистем Мурманской обл. // Вестник МГТУ. 2009. Т. 12. № 3. С. 525-538.
5. Качинский Н.А. Механический и микроагрегатный состав почвы, методы его изучения. М.: Изд-во АН СССР, 1985. 192 с.
6. Кашулин Н.А., Даувальтер В.А. Экология внутренних водоёмов Мурманской обл. Ч. 3. Донные отложения водоёмов. Апатиты: Изд-во КФ ПетрГУ, 2010. 123 с.
7. Кашулин Н.А., Денисов Д.Б., Сандимиров С.С. и др. Антропогенные изменения водных экосистем Хибинского горного массива, Мурманская обл. Т. 1. Апатиты: Изд-во КНЦ РАН, 2008. 250 с.
8. Кашулин Н.А., Денисов Д.Б., Сандимиров С.С. и др. Антропогенные изменения водных экосистем Хибинского горного массива, Мурманская обл. Т. 2. Апатиты: Изд-во КНЦ РАН, 2009. 282 с.
9. Косов В.И., Иванов Г.Н., Левинский В.В. Исследования загрязнения тяжёлыми металлами донных отложений верхней Волги // Вестник ТГТУ. 2002. № 1(1). С. 5-9.
10. Моисеенко Т.И., Даувальтер В.А., Лукин А.А. и др. Антропогенные модификации экосистемы оз. Имандра. М.: Наука, 2002. 403 с.

Фоторепортаж

Содержание

60 лет на Кольском полуострове 3-31

ИСТОРИЯ ГЕОЛОГИЧЕСКОГО ИЗУЧЕНИЯ КОЛЬСКОГО РЕГИОНА

Петров В.П., Макарова Е.И., Токарев А.Д. Исследования Академии наук на Кольском Севере: взаимоотношения с властью, 1920-1940 гг. 33-44
Самарин А.В. Сотрудничество учёных Кольского и Коми научных центров в 1941-1991 гг. . . . 44-49
Берлин В.Э. История хибинских поселений в картографических материалах 49-56
Виглиева Е.П. Краеведческая деятельность детской библиотеки г. Кировска 56-58
Гонтарь О.Б., Жиров В.К., Лукьянова Л.М. Музей и архив в жизни Ботанического сада на примере ПАБСИ КНЦ РАН 58-61
Даувальтер В.А. Kalkberg – геологический музей под открытым небом 61-64
Дюжилов С.А. У истоков краеведческого движения в Хибинах 64-68
Кандинов М.Н., Смолькин В.Ф. Музейное собрание Государственного геологического музея РАН 69-72
Красоткин И.С. Из истории вечернего факультета ЛГИ в г. Кировске. 1959-2003 гг. 72-75
Макарова Е.И. К 95-летию Октябрьской железной дороги: страницы истории по архивным документам 76-80
Минкевич Е.В. Краеведение как форма популяризации знаний среди населения 81-83
Морозов М.В. Медаль им. А.И. Антипова: взгляд в прошлое как карта будущего 84-87
Онохина Е.Ф. Роль школьного музея в гражданском становлении личности 87-89
Писарева Т.М. Историческая роль учёных Кольского научного центра в освоении Хибинских месторождений и создании передовых технологий 89-92
Подгорбунская Т.И. Роль архивных документов в изучении истории освоения Монче-Тундры 93-99
Раменская М.Е. А.Е. Ферсман – общеизвестный и малознакомый 99-101
Родина А.Д. Информационные возможности архива треста «Апатитстрой» 101-103
Салимова С.М. Первые страницы истории пос. Апатиты по архивным документам 103-110
Саморукова А.Г. Учёные Кольского филиала АН СССР в жизни Кировска 110-112
Сбусина Л.А. Электронные образовательные ресурсы по краеведению как фактор интеграции учебной, методической и воспитательной работы 113-114
Стрелина В.В. Воспитание любви к малой Родине средствами дополнительного образования 115-117
Тараракси́н С.В. О выборе места под строительство г. Апатиты 118-121
Химчук Е.П. История и развитие туризма в городе Кировске 121-126
Черноус С.А. Полярные сияния в трудах М.В. Ломоносова 126-131
Черняева И.Н. Использование архивных документов на уроках истории 132-133

РЕГИОНАЛЬНАЯ ГЕОЛОГИЯ, МЕТАЛЛОГЕНИЯ И ГЕОХРОНОЛОГИЯ

Бискэ Н.С. Природные коксы в шунгитоносных породах Онежской структуры 135-136
Ветрин В.Р., Родионов Н.В., Серов П.А. Этапы формирования тоналит-трондьемит-гранодиоритовых гнейсов северной части Балтийского щита 137-142
Данилевская Л.А. Потенциал Кольского полуострова на кварцевое сырьё 142-144
Жирова А.М. Влияние ультразвуковых колебаний на остаточную намагниченность амфиболита хребта Серповидного 145-147
Зинчук Н.Н. О происхождении и прогнозировании алмазоносных кимберлитов 147-150
Зинчук Н.Н. Особенности палеотектонического развития проявлений кимберлитового магматизма Восточно-Европейской платформы 150-153
Ильченко В.Л. Литосфера как колебательная система и механизм её эволюции с тектоническим расслоением 154-156
Калашник А.И., Казачков С.В., Сохарев В.А., Дьяков А.Ю. Идентификация литологических разностей пород георадарными технологиями 157-160
Каменев Е.А. Классификация техногенного минерального сырья 160-164
Каменев Е.А. Использование корреляционных связей между основными компонентами апатито-нефелиновых руд и редкими металлами для подсчёта запасов 164-166
Каулина Т.В., Нерович Л.И., Лялина Л.М. Геохимия цирконов из анортозитов Яврозерского массива пояса Тана 166-169
Кузнецов В.С., Саватенков В.М. Изотопный состав свинца в сульфидах Лебединского месторождения 170-171

Кузнецова Ю.А. Особенности состава средне-кислых метавулканитов южной подзоны Печенгского комплекса . . . 171-174
Куликов В.С., Куликова В.В., Зудин А.И., Икконен П.В. Зона сочленения Фенноскандинавского щита и Русской плиты – возможный коллектор месторождений полезных ископаемых . . . 174-178
Лобанов К.В., Сафонов Ю.Г. Проблема вкрапленной золоторудной минерализации в Кольском кратоне . . . 178-180
Нерович Л.И., Баянова Т.Б., Серов П.А., Елизаров Д.В. Магматические источники даек и жил Мончетундровского массива . . . 181-186
Нигай Е.В. Минеральные ресурсы Дальневосточного региона . . . 186-189
Нигай Е.В., Секисов Г.В. Горно-геологические особенности месторождений строительных горных пород Дальнего Востока . . . 189-192
Нилов М.Ю., Кулешевич Л.В. Геофизические критерии выделения Au-Cu-Mo-порфировых штокверковых зон на примере участка Кадилампи, западная Карелия . . . 192-194
Припачкин П.В., Рундквист Т.В., Гребнев Р.А., Сергеев С.А. U-Pb (Shrimp-II) датирование единичных зёрен цирконов из платиноносного рифа месторождения Вурэчуайвенч . . . 195-198
Рыборак М.В., Альбеков А.Ю. Мантийно-плюмовые обстановки формирования позднеархейских зеленокаменных поясов Восточно-Европейского кратона на примере Балтийского щита и Курской гранит-зеленокаменной области . . . 198-201
Секисов Г.В., Нигай Е.В. Стратегические полезные ископаемые Восточно-Российского региона . . . 201-205
Смолькин В.Ф. Классификация и типизация месторождений никеля . . . 205-208
Сорока Е.И., Леонова Л.В., Галеев А.А. Высокоглиноземистые диаспорсодержащие породы месторождений Урала . . . 208-215
Шаров Н.В., Слабунов А.И. Геолого-геофизическая модель земной коры северной части Беломорской провинций Балтийского щита: анализ результатов сейсмического профилирования на отрезке Кандалакша-Кемь . . . 215-218

ОБЩАЯ И ГЕНЕТИЧЕСКАЯ МИНЕРАЛОГИЯ

Борисова В.В., Волошин А.В. Новые поступления в Музей геологии и минералогии им. И.В. Белькова Геологического института КНЦ РАН в 2011 г. . . . 220-222
Буравлева С.Ю., Пахомова В.А. Минералогия и условия образования корундовых метасоматитов месторождения Сутара . . . 223-226
Войтеховский Ю.Л. Простейшие полиэдры с заданной комбинаторной симметрией . . . 226-228
Войтеховский Ю.Л. Частично антисимметричные полиэдры . . . 228-231
Голубева И.И., Ветошкина О.С., Махлаев Л.В. Новые данные по геохимии ильменитсодержащих кристаллических сланцев и титановых минералов кейвской серии, Кольский п-ов . . . 231-234
Горяинов П.М., Иванюк Г.Ю., Баянова Т.Б., Базай А.В., Астафьев Б.Ю., Воинова О.А. Состав, происхождение и возраст редкоземельно-благороднометального оруденения в породах полосчатой железорудной формации Кольского п-ова . . . 235-238
Грошев Н.Ю., Волошин А.В., Субботин В.В., Савченко Е.Э. Pd_2Tl и Pd_3Tl – новые интерметаллиды в Фёдорово-Панском расслоенном комплексе . . . 238-241
Дмитриева А.В. Благороднометальная минерализация Сяргозерского умереннощелочного комплекса . . . 241-243
Иванюк Г.Ю., Яковенчук В.Н., Пахомовский Я.А. Научные основы технологии направленного поиска редких минералов . . . 244-247
Калинин А.А., Карпов С.М. Прогноз и первые результаты исследования минерализации золота в метаморфических комплексах Кольского полуострова . . . 247-254
Карпов С.М., Волошин А.В., Савченко Е.Э. Минералы благородных металлов в колчеданных рудах Пирротинового ущелья, Кольский п-ов . . . 255-260
Карпов С.М., Волошин А.В., Калинин А.А., Савченко Е.Э. Повеллит в альбит-карбонатных метасоматитах Салла-Куолаярвинской зоны . . . 261-263
Ковалев С.Г., Ковалев С.С. Золото-серебрянная минерализация в углеродсодержащих породах Башкирского мегантиклинория, Ю. Урал . . . 263-266
Коноплёва Н.Г., Иванюк Г.Ю., Пахомовский Я.А., Яковенчук В.Н. Калашников А.О., Михайлова Ю.А., Горяинов П.М. Ресурсный потенциал Кольской редкоземельной провинции 266-270
Кулешевич Л.В. Золоторудное месторождение Таловейс в Костомукшской зеленокаменной структуре: новые данные по минералогии . . . 270-274
Куликова В.В., Куликов В.С. Фрамбоиды пирита и других минералов в шунгитах Онежской структуры . . . 274-279
Лавров О.Б., Кулешевич Л.В. Рудная минерализация Северо-Гирвасского Au-Sb-As-S-проявления . . . 280-283

Лялина Л.М., Зозуля Д.Р., Савченко Е.Э., Тарасов М., Селиванова Е.А., Тарасова Е. Эволюция состава бритолита-(Y) в постмагматическом процессе на примере силекситов щелочных гранитов Кольского п-ова . . . 284-286
Матель Н.Л. Формы нахождения Au в гидротермальных растворах месторождения Сухой Лог 287-288
Мудрук С.В., Шалимов С.В., Горбунов И.А., Волошин А.В., Савченко Е.Э. Медная минерализация в метаэффузивах хр. Серповидного, Зап. Кейвы . . . 288-292
Нерадовский Ю.Н., Войтеховский Ю.Л. Исследование гранных углов на кристаллах кианита из сланцев Кейв . . . 292-295
Рундквист Т.В., Мокрушин А.В., Мирошникова Я.А., Базай А.В., Савченко Е.Э. Оксидная минерализация в пироксенитах и жильных телах на участках Морошковое оз. и Южносопчинский, Мончегорский комплекс . . . 295-299
Смирнова Н.Л. Закон малых целых чисел в минералогии и его реабилитация . . . 300-302
Субботин В.В., Корчагин А.У., Габов Д.А., Савченко Е.Э. Локализация и состав малосульфидной платинометальной минерализации в Западно-Панском массиве . . . 302-307
Талис А.Л. Некристаллографическая симметрия биополимеров и закономерности упаковки α-спиралей в глобулярном белке . . . 307-312
Чернявский А.В., Волошин А.В., Войтеховский Ю.Л., Савченко Е.Э. Сульфоарсениды Fe, Co и Ni в золоторудных проявлениях Панареченской вулкано-тектонической структуры . . . 312-315
Шпаченко А.К. Сульфидные минералы щёлочно-ультрабазитовых с карбонатитами массивов Кольского п-ова . . . 316-318
Яковенчук В.Н., Селиванова Е.А., Пахомовский Я.А., Михайлова Ю.А., Иванюк Г.Ю. Полежаеваит-(Ce) и стронциофлюорит – новые фториды Sr и REE из пегматита в фоидолитах г. Коашва . . . 319-321

ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ И ТЕХНИЧЕСКАЯ МИНЕРАЛОГИЯ

Белогурова Т.П., Крашенинников О.Н., Нерадовский Ю.Н. Влияние минерального состава золоотходов на их зерновой состав, дисперсность и плотность . . . 323-326
Годнева М.М., Михайлова Н.Л., Кузнецов В.Я. Термическая устойчивость средних и кислых фторофосфатоцирконатов щелочных металлов . . . 326-328
Гуревич Б.И., Калинкин А.М., Калинкина Е.В., Тюкавкина В.В., Серова Е.С. Геополимерные материалы на основе механоактивированных шлаков цветной металлургии и нефелина . . . 329-331
Калашников А.О., Сохарев В.А., Иванюк Г.Ю., Михайлова Ю.А., Пахомовский Я.А., Коноплева Н.Г., Яковенчук В.Н., Базай А.В. Трёхмерное минералогическое картирование Ковдорского карбонатит-фоскоритового комплекса . . . 332-334
Калинкин А.М., Балякин К.В., Калинкина Е.В. Синтез лакаргита из бадделеита и кальцита 334-337
Каржавин В.К. Гранат-карбонатная ассоциация с кианитом . . . 337-340
Кулакова Г.О., Селиванова Е.А., Чернятьева А.П., Кривовичев С.В., Яковенчук В.Н., Пахомовский Я.А., Иванюк Г.Ю. Титаносиликатный наноконструктор на основе протонированного кукисвумита . . . 340-343
Лащук В.В., Суворова О.В., Кременецкая И.П., Макаров Д.В. Геоэкологические проблемы переработки природного и техногенного сырья для производства стройматериалов в трудах проф. В.Н. Макарова и его учеников . . . 343-346
Лузин В.П. Инструментарий маркетинга самоцветов . . . 346-349
Лузин В.П. Маркетинг минерального сырья как научная дисциплина . . . 349-352
Мазухина С.И., Маслобоев В.А., Макаров Д.В., Нестеров Д.П. Экспериментальное и термодинамическое исследование сточных и поровых вод хвостов обогащения апатито-нефелиновых руд . . . 352-355
Менжулин М.Г., Мясникова О.В. Анализ прочности горных пород для оценки их технологических и термокинетических свойств . . . 356-358
Морозов М.В. Минералого-петрографические критерии идентификации «сердобольского гранита» . . . 358-360
Светлов А.В., Корнева Е.А., Баюрова Ю.Л., Макаров Д.В. Физико-химические геотехнологии извлечения цветных металлов из некондиционных руд и техногенных отходов 360-363
Слуковская М.В., Горбачева Т.Т., Иванова Л.А., Иноземцева Е.С. Применение вермикулита, серпентинита и карбонатита при рекультивации техногенных месторождений . . . 363-366
Суворова О.В., Лащук В.В., Макаров Д.В., Бокарева В.А., Кожина И.С. Исследование отходов обогащения железистых кварцитов как сырья для получения строительной керамики 366-369
Югай В.С., Даувальтер В.А., Кашулин Н.А. Гранулометрический и химический состав донных отложений озёр Большой и Малый Вудъявр . . . 369-372

ФОТОРЕПОРТАЖ . . . 373-376

ГЕОЛОГИЯ И СТРАТЕГИЧЕСКИЕ
ПОЛЕЗНЫЕ ИСКОПАЕМЫЕ КОЛЬСКОГО РЕГИОНА
Труды IX Всероссийской (с международным участием) Ферсмановской научной сессии,
посвящённой 60-летию Геологического института КНЦ РАН

г. Апатиты
2-3 апреля 2012 г.

Рекомендовано к печати Учёным советом Геологического института КНЦ РАН
и Советом Кольского отделения РМО

Научное некомерческое издание выпущено при финансовой поддержке
Российского фонда фундаментальных исследований, грант 12-05-06007-г

Отпечатано в ООО К & М

184209 г. Апатиты Мурманской обл., ул. Ферсмана, д. 17 а
тел. / факс (881555) 77329

Тираж 100 экз.