

553.0 (98к)

T35

Министерство высшего и среднего специального
образования РСФСР

Ленинградский ордена Ленина и ордена Трудового Красного
Знамени горный институт имени Г.В.Плеханова

Терновой Владимир Иванович

ЗАКОНОМЕРНОСТИ ОБРАЗОВАНИЯ И РАЗМЕЩЕНИЯ МЕСТОРОЖ-
ДЕНИЙ КОВДОРСКОГО МАССИВА. ПЕРСПЕКТИВЫ ОБНАРУЖЕ-
НИЯ НОВЫХ КАРБОНАТИТОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ В КАРЕЛО-
КОЛЬСКОМ РЕГИОНЕ

Специальность № 04.134. (04.00.15). Геология и разведка
месторождений нерудных ископаемых

А в т о р е ф е р а т
диссертации на соискание ученой степени
доктора геолого-минералогических наук

Ленинград
1973

Работа выполнена на кафедре "Разведочное дело" Ленинградского ордена Ленина и ордена Трудового Красного Знамени горного института им.Г.В.Плеханова.

- Официальные оппоненты: 1. Член-корреспондент АН СССР, доктор геолого-минералогических наук, профессор, заслуженный деятель науки и техники Татарин Павел Михайлович (ЛТИ)
2. Доктор геолого-минералогических наук, профессор Кухаренко Александр Александрович (ЛГУ)
3. Доктор геолого-минералогических наук, профессор, заслуженный деятель науки и техники Петров Валерий Петрович (ИГЕМ АН СССР)

Ведущее предприятие - Северо-западное территориальное геологическое управление МГ СССР

Автореферат разослан 1973 г.
Исх. №

Защита диссертации состоится 26 декабря 1973 г. в 14 час. 30 мин. на заседании Совета по присуждению ученых степеней геологоразведочного и геофизического факультетов Ленинградского горного института им.Г.В.Плеханова по адресу: 199026, г. Ленинград, В-26, 21 линия, дом 2, ауд. 366.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке.

Ученый секретарь Совета

О.Н.ФИРЬАРОВА

БИБЛИОТЕКА
КОЛЬСКОГО ФИЛИАЛА
Академии наук СССР

ВВЕДЕНИЕ

За последние 15-20 лет в изучении массивов ультраосновных, щелочных пород и карбонатитов достигнуты крупные успехи как за рубежом, так и в СССР. В пределах массивов разведаны многие крупные месторождения, приобретающие важное, либо даже ведущее промышленное значение. К ним, прежде всего, относятся месторождения редких металлов, редких земель, флогошита, вермикулита, апатита и железа. За рубежом, кроме того, в этих массивах промышленное значение приобрели месторождения меди, титана, флюорита и некоторых других полезных компонентов. В результате многолетних исследований накоплена обширная геологическая информация. Наиболее ценные результаты получены коллективами геологов ЛГУ и ВСЕГЕИ (А.А.Кухаренко, О.М.Римская-Корсакова, М.П.Орлова, А.Г.Булах, Н.А.Абакумова, Г.А.Ильинский, А.С.Сергеев, Н.Ф.Шинкарев, Э.А.Багдасаров, Н.И.Краснова, Э.В.Быкова и др.), ВИМС(а) (А.И.Гинзбург, А.А.Фролов, Е.М.Эпштейн, Ю.А.Багдасаров, Ф.Р.Апельцин, Е.П.Нечаева, В.А.Невский, В.С.Соколов, Л.Н.Журавлева, Г.Г.Родионов и др.), ИМГРЗ АН СССР (Л.С.Бородин, А.Г.Жабин, А.В.Лапин, А.Г.Харченков, Ю.М.Капустин и др.), НИИГА (Г.Г.Моор, Ю.М.Шейнман, Е.Л.Бутакова, Л.С.Егоров, Э.А.Ланда, К.М.Шихорина, Т.Л.Гольсбург, Л.И.Апикеева, А.Ф.Михайлова, Н.П.Сурина, Г.И.Поршнев и др.), ИГЕМ АН СССР (Н.Д.Соболев, В.А.Кононова, А.А.Глаголев, И.Т.Расс и др.), института геохимии СО АН СССР (Л.К.Пожарицкая, В.С.Самойлов и др.), СЗТИУ, Кольского филиала АН СССР, ТИМС(а) и других организаций (Ц.Г.Златкинц, А.И.Шалимов, Н.А.Волотовская, Л.А.Кириченко, Б.В.Афанасьев, В.И.Терновой, В.М.Серба, А.М.Богачев, Е.М.Сулимов, И.П.Паньшин, А.А.Арсеньев, Г.М.Широколинский, Ф.Л.Смирнов, А.С.Зверев, К.Д.Беляев, Р.В.Карпов, В.И.Кириарский, О.Е.Лудкин и др.). В изучении коры выветривания массивов и связанных с ней месторождений большое значение имеют работы ИГЕМ АН СССР (В.П.Петров, П.П.Токаряков), Кольского филиала АН СССР (А.В.Сидоренко, А.П.Афанасьев, Д.Д.Теннер, М.И.Вологитков и др.), ВИМС(а) и ЦИМИТРИ (Е.А.Зверева, Р.В.Ивлевский, В.Ф.Гуреев, И.М.Егоров и др.), ВСЕГЕИ и ЛТИ

(П.П.Боровиков, И.А.Львова, М.Н.Чуева и др.). Усилиями Кольского филиала АН СССР, ВИМС(а), Гиредмет(а), Механобр(а), Гипронинеметаллоруда, Гипроруды, Ковдорского горно-обогатительного комбината и некоторых других научно-исследовательских и производственных организаций проведены плодотворные исследования обогатимости ранее неизвестных типов руд, передела концентратов, технико-экономического обоснования их использования и, тем самым, внесен существенный вклад в оценку их промышленной значимости. Расширению наших знаний по карбонатитовым месторождениям способствуют и успешные исследования зарубежных геологов: Пикора (J.I.Pekora), Смита (W.C.Smith), Эккерманна (X.Eckermann), Дэвиса (K.A.Davies), Дю-Тойта (A.L.Du Toit), Геверса (I.W.Gevers), Ханекома (H.J.Hanekom), Кинга (E.C.King), Сатерленда (D.S.Sutherland), Рассела (H.D.Russel), Фервурда (W.J.Vervoerd), Гиттинса (I.Gittins), Таттла (O.F.Tuttle), Динса (I.Deans), Уилли (R.J.Wyillie) и др.

Основное внимание в работах указанных исследователей уделено закономерностям размещения массивов, их структурным, петрологическим и геохимическим особенностям формирования, минеральному и вещественному составу пород и руд.

Закономерности образования и размещения промышленных месторождений в пределах массивов изучены еще далеко не полностью, хотя они имеют решающее значение при оценке перспектив, выборе и планировании основных направлений поисково-разведочных работ. Детальное и всестороннее изучение месторождений в массивах ультраосновных, щелочных пород и карбонатитов, по существу, находится еще на начальной стадии. Из известных многих десятков перспективных рудопроявлений в 60 открытых к настоящему времени массивах СССР детально изучены лишь 6-7. По остальным имеются предварительные, отрывочные, часто противоречивые данные. Более богатый практический опыт освоения карбонатитовых месторождений за рубежом теоретически осмыслен и обобщен значительно слабее, чем в СССР. Все это, естественно, затрудняет выяснение свойственных этому типу месторождений индивидуальных и общих закономерностей размещения и образования, выбор и направление поисковых работ.

В предлагаемой работе предпринята попытка продвинуть решение этих вопросов на примере массивов Карело-Кольского региона. При этом за основу принят опыт поисков, разведки и промышленного освоения месторождений наиболее представительного и полнее всего изученного в СССР Ковдорского массива. Этот массив, единственный в СССР, где осуществляется эксплуатация месторождений, характеризуется уникальным сочетанием петрографических разностей пород и руд. В настоящее время здесь эксплуатируется четыре и завершается разведка еще двух месторождений.

При написании работы использовано около 300 фондовых отчетов СЗТУ, Мурманской ГРЭ, ВСЕГЕИ, ЛГУ, ЛПИ, Кольского филиала АН СССР, ЗГТ, Гипронинеметаллоруда, в которых сосредоточены ценный опыт и обширные знания большого коллектива геологов (Л.Б.Антонов, Б.В.Афанасьев, М.С.Афанасьев, Г.В.Бам, И.В.Барканов, В.Л.Богатирев, А.И.Богачев, Н.А.Волотовская, А.Ф.Головачев, М.З.Губайдуллина, Б.В.Губачев, Д.Н.Дмитриев, Ц.Г.Златкинд, Л.А.Кириченко, Р.В.Карпов, Ю.М.Кирнарский, А.А.Кухаренко, В.Н.Плиев, Г.А.Поротова, О.М.Римская-Корсакова, Б.И.Сарба, Б.И.Сулимов и мн.др.).

По мере необходимости учтены имеющиеся данные по зарубежным месторождениям. В качестве сравнительной характеристики автор считает полезным показать особенности наиболее изученных типичных мировых месторождений.

Изучение Ковдорских месторождений полезных ископаемых и рудопроявлений других массивов Карело-Кольского региона автор занимался последние 15 лет. Под его руководством на Ковдорском массиве в течение многих лет проводились поисково-съёмочные работы, обнаружены и детально разведаны ныне эксплуатируемые флогопитовое месторождение и наиболее богатые участки вермикулитового месторождения. С его участием производились доразведка и комплексная оценка эксплуатируемого апатит-магнетитового месторождения, поиски апатитовых и апатит-франколитовых руд, а также организация поисково-разведочных работ на других массивах Карело-Кольского полуострова. В 1971-72 гг. автором совместно с коллективом геологов СЗТУ и ЛГУ (К.Д.Беляев, Р.В.Карпов, Б.В.Афанасьев, Б.И.Сулимов, Д.Н.Дмитриев, И.П.Паньшин, Э.В.Быкова) проведено обобщение всех имеющихся материалов и с учетом

современных теоретических достижений составлена программа комплексного геолого-геофизического изучения массивов ультраосновных, щелочных пород и карбонатитов Карело-Кольского региона в 1973-80 гг. В 1973 году программа утверждена МГ СССР и ныне ССТУ принята в качестве рабочей. Всего же за указанный период автором самостоятельно, либо при его участии по вопросам, связанным с темой диссертации, составлено 10 отчетов, из них 4 с подсчетом запасов, 12 докладов и около 20 экспертных заключений, выполненных по заданию МГ СССР, МГ РСФСР, ИГЗ при СМ СССР и ССТУ. Результаты исследований опубликованы в 34 статьях и 1 монографии.

Автор выражает благодарность своему научному руководителю, профессору Б.О.Погребницкому за многолетнюю постоянную консультацию и помощь в проведении работ, члену-корреспонденту АН СССР профессору Н.М.Татариннову за ряд ценных советов и замечаний в ходе подготовки работы, а также Н.М.Никитину, С.А.Голубеву, А.Н.Петросу, К.Д.Беляеву, М.С.Зискинду, С.Д.Покропскому, А.В.Лесгафту, Р.В.Карпову, И.И.Иванову, В.Л.Богатыреву, Б.В.Афанасьеву, С.С.Осипову, О.М.Римской-Корсаковой, Б.М.Сулдимова, В.М.Эпштейну, М.Н.Чуевой, К.Л.Мартыновой, А.И.Карамнову, Ю.Т.Комарову, Н.И.Смоляку за полезные советы и содействие в проведении большого объема поисково-разведочных, минералогических и химико-аналитических исследований на протяжении многих лет совместной работы.

ОБЩИЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ РАЗМЕЩЕНИЯ, СТРОЕНИЯ, ФОРМИРОВАНИЯ И ОРУДЕНЕНИЯ МАССИВОВ УЛЬТРАОСНОВНЫХ, ЩЕЛОЧНЫХ ПОРОД И КАРБОНАТИТОВ

В настоящее время в мире известно свыше 200 массивов ультраосновных, щелочных пород и карбонатитов, в том числе на территории СССР около 60 массивов, группирующихся в 10 провинций: Карело-Кольская, Тиманская, Кокчетавская, Енисейская, Чадобецкая, Маймеча-Котуйская, Восточно-Саянская, Сетте-Дабанская, Восточно-Алданская, Сихотэ-Алиньская. Ю.М.Шейнманн, Ф.Р.Апелляйн и В.А.Нечаева показали, что пространственное положение провинций ультраосновных, щелочных пород и карбонатитов контролируется: 1) краевыми частями платформ (Маймеча-Ко-

туйская, Восточно-Алданская и Чадобецкая); 2) зонами сочленения платформ и консолидированных складчатых областей (Восточно-Саянская, Сетте-Дабанская, Енисейская, Тиманская); 3) зонами сквозьструктурных разломов в пределах платформ (Карело-Кольская, провинции Африки). А.И.Гинзбург и Б.М.Эпштейн выделяют, кроме того, провинции срединных массивов (Кокчетавская, Сихотэ-Алиньская). Отмечая закономерную приуроченность массивов к активизированным краевым частям платформ - Сибирской, Русской, Африканской, Канадской и Бразильской, эти авторы выделяют на территории СССР перспективные районы для выявления новых массивов. К ним, прежде всего, относятся южная окраина Русской платформы (Украинский массив, Воронежская глыба, район КМА), Тиман, Северный Казахстан (Кокчетавская глыба), южная окраина Сибирской платформы (Западный и Восточный Саян, Северное Прибайкалье). А.А.Кухаренко отмечает приуроченность палеозойских массивов Карело-Кольского региона, Финляндии, Швеции и Норвегии к сквозьструктурному разлому, который к югу через Рейнский грабен сочленяется со Средиземноморским межматериковым рифтовым поясом. Структурно-генетическая сопряженность формирования карбонатитовых массивов с рифтогенезом подчеркивается А.А.Фроловым.

Массивы ультраосновных, щелочных пород и карбонатитов характеризуются штокообразной (овальной в плане) формой, концентрически кольцевым строением, независимостью состава от вмещающих пород и возраста, одинаковой последовательностью в образовании слагающих их комагматических серий пород. Наиболее древними являются гипербазиты (оливиниты и пироксениты), за ними следуют щелочные породы (якупирангиты и мольтейгит-уртиты) и, наконец, на заключительных этапах формируются карбонатиты.

Образование карбонатитов - сложный, многостадийный процесс, закономерно эволюционирующий в направлении снижения температуры (в пределах от 450-600°C до 100-200°C), щелочности растворов и, соответственно, смены во времени кальцитовых карбонатитов доломитовыми, а затем, на заключительных стадиях, анкеритовыми и сидеритовыми.

Устанавливается закономерная связь типа оруденения с тем

или иным этапом формирования массивов, а также определенная вертикальная зональность в распределении отдельных комплексов пород и, соответственно, оруденения массивов. С увеличением глубины эрозионного среза наиболее молодые образования постепенно сменяются все более и более древними: сидеритовые и анкеритовые разности карбонатитов на более глубоких уровнях сменяются доломитовыми и кальцитовыми, еще ниже существенное развитие получают щелочные породы, уступающие, наконец, место (в корневых частях массивов) гипербазитам. Соответственно происходит смена оруденения. Для средних уровней эрозионного среза характерно апатитовое, апатит-магнетитовое и флогопитовое оруденение, ниже оно сменяется на перовскит-титаномагнетитовое.

Намеченная модель закономерного изменения типов оруденения по вертикали, связь его с геологическим строением массивов на современном эрозионном срезе впервые обоснована А.А.Кухаренко и его учениками на примере массивов Карело-Кольского региона, а затем дополнена и подтверждена А.И.Гинзбургом, Е.М.Эпштейном, А.А.Фроловым, Л.С.Бородиным, В.Дж.Фервурдом и другими геологами на примере остальных провинций ультраосновных, щелочных пород и карбонатитов как в СССР, так и за рубежом. Важное значение ее особенно для целей прогнозирования оруденения, проведения поисковых и разведочных работ очевидно. Однако требуются еще существенные уточнения ее, особенно в части причин, масштабов и роли перекрытия в пространстве одних типов оруденения другими, нередко наблюдаемого в массивах телескопирования оруденения, определяющего часто не вертикальную, а более отчетливую горизонтальную его зональность. Физико-химические условия рудообразования в массивах ультраосновных, щелочных пород и карбонатитов разнообразны. Одни типы оруденения (например, титаномагнетитовое в гипербазитах) имеют бесспорно магматический генезис, единодушно признаваемый почти всеми исследователями. Другие, такие как флогопитовое, редкометальное и редкоземельное оруденение, образуются, также по единодушному признанию почти всех исследователей, в результате контактно-метасоматических и гидротермальных процессов. Спорным еще является генезис ранних высокотемпературных кальцитовых карбонатитов и генетически близких к ним апатит-магне-

титовых руд, особенно в тех случаях, когда они представлены крупными штокообразными телами или кольцевыми жилами-дайками с резкими контактами, однородным и независимым составом, явлениями течения, захвата и перемещения обломков вмещающих пород. Одни исследователи считают, что такие карбонатиты и апатит-магнетитовые руды представляют собой продукты кристаллизации остаточных расплавов (магмы), возможность существования которых при сравнительно низких температурах доказана экспериментально Т.В.Сиромятниковым, П.Дж.Уилли, О.Ф.Таттлом, Р.Фишером, А.Р.Филпотсом. Другие исследователи придерживаются мнения о преимущественном формировании их в процессе метасоматоза гипербазитов и щелочных пород под воздействием надкритических гидротермальных растворов. Важно отметить, что карбонатитовые расплавы, согласно первой гипотезе, и гидротермальные растворы, согласно второй, все исследователи единодушно считают конечными дифференциатами единой щелочно-ультрасосновной магмы. Геологические наблюдения свидетельствуют скорее всего о возможности того и другого способов их образования. В природных условиях оба эти способа сопряжены и, видимо, обусловлены необычными качествами карбонатитовых расплавов - растворов: повышенным содержанием щелочей и летучих, высокой подвижностью, способностью к активному реакционному взаимодействию с вмещающими породами и т.п. Соотношение магматических и метасоматических процессов образования апатит-магнетитовых руд и кальцитовых карбонатитов было, очевидно, различным в зависимости от уровня и структурно-геологической обстановки формирования массивов.

ПРОМЫШЛЕННОЕ ЗНАЧЕНИЕ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ФОРМАЦИИ УЛЬТРАОСНОВНЫХ, ЩЕЛОЧНЫХ ПОРОД И КАРБОНАТИТОВ. ХАРАКТЕРИСТИКА ТИПИЧНЫХ МИРОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

В массивах ультраосновных, щелочных пород и карбонатитов разведано около 50 месторождений, многие из которых уникальны по своим масштабам и качеству руд. К ним прежде всего относятся месторождения ниобия, флогопита, вермикулита и апатита. Согласно данным де Кюна, в пироклорных карбонатитовых месторождениях сосредоточено 98,5% мировых запасов ниобия. Содерж-

жание Nb_2O_5 в карбонатитах эксплуатируемых месторождений (Фен в Норвегии, Ока в Канаде) составляют не ниже 0,4-0,5%. Запасы пентоксида ниобия оцениваются во многие сотни млн.т. Еще более богатые ниобием руды образуются в коре выветривания карбонатитов. Содержание Nb_2O_5 в таких остаточных рудах достигает 1,34% (Луш, Заир) и даже 2,5-7% (Аракса, Бразилия), а запасы - миллионы и десятки млн.т.

С формацией ультраосновных, щелочных пород и карбонатитов связано (по оценке автора) не менее 90% мировых запасов флогопита и вермикулита. Следует отметить, что почти вся мировая добыча вермикулита (около 350 тыс.т в год) сосредоточена на месторождениях этого типа.

Все более существенное промышленное значение приобретают гипогенные апатит-магнетитовые, апатитовые и гипергенные апатит-франколитовые месторождения. Наибольший практический интерес представляют комплексные апатит-магнетитовые руды. Содержание магнетита в этих рудах колеблется от 30-35% до 45-50%, апатита от 15% до 25-30%. Запасы таких руд на каждом месторождении колеблются от первых сотен млн.т до 1,0-1,5 млрд. тонн. Апатитовые руды, как показано в диссертации на примере Ковдорского и Палаборского массивов, представлены двумя типами: апатит-силикатными (apatит-форстеритовыми, апатит-флогопитовыми, апатит-пироксеновыми) и апатит-кальцитовыми (apatитосодержащими карбонатитами). Апатит-силикатные руды по качеству относятся к средним (содержание P_2O_5 от 6-7% до 8-10%) апатит-кальцитовые - к бедным (содержание P_2O_5 от 3-4 до 5-6%). Запасы каждого типа руд составляют на отдельных месторождениях от нескольких сотен млн до первых млрд. тонн. К настоящему времени промышленностью освоены только апатит-силикатные руды, для которых установлена хорошая обогатимость (извлечение апатита 70-85%) и высокое качество апатитовых концентратов (содержание P_2O_5 - 34-38%). Апатит-кальцитовые руды вызывают интерес прежде всего в таких районах, где имеется потребность производства известкового сырья. Такие руды могут успешно использоваться как для производства апатитового концентрата, так и для попутного получения высокосорт-

ного кальцитового концентрата, пригодного для производства портланд-цемента и вяжущих строительных материалов. Большое промышленное значение приобретают гипергенные месторождения апатитовых и апатит-франколитовых руд, формирующиеся в коре выветривания разнообразных кальцит-apatит-магнетитовых руд и карбонатитов и отличающиеся высоким качеством (содержание P_2O_5 - от 10-12% до 35%) и сравнительно крупными запасами (до 200-300 млн.т). Широкая вариация состава исходных пород и различная интенсивность выветривания обуславливает качественное разнообразие руд этого типа. В низах коры выветривания формируются рыхлые продукты, обогащенные остаточным апатитом (Восточный Саян в СССР), в более верхних горизонтах образуются остаточные-инфильтрационные твердые апатит-франколитовые руды (Сокли в Финляндии, Ковдор в СССР). Наравне с фосфатом, в коре выветривания накапливаются вермикулит, магнетит, пироксид, редкие земли, в связи с чем многие месторождения приобретают комплексный характер. Так, остаточные руды Ковдорского месторождения с запасами около 50 млн.т кроме фосфатов содержат вермикулит до 20%, месторождения Луш (Заир) с запасами 30 млн.т - 1,34% Nb_2O_5 , месторождения Сукулу (В.Уганда) с запасами 200 млн.т - 25% магнетита и 0,25% Nb_2O_5 , месторождения Сокли (Финляндия) с запасами около 300 млн.т - до 10-25% магнетита, от 0,2 до 0,7% Nb_2O_5 , до 2,0-3,0% суммы редких земель (в форме радофанита) и до 10-20% вермикулита.

В карбонатитах выявлен новый и весьма важный тип месторождений редких земель цериевой группы. Примером может служить одно из крупнейших и богатейших в мире бастанезитовое месторождение Маунтин Пасс (США) с запасами около 100 млн.т и средним содержанием бастанезита около 10%. Карбонатиты могут отличаться повышенной сульфидной минерализацией. Из сульфидов обычно преобладают пирротин и пирит, реже сфалерит. В карбонатитах массива Палабора выявлено необычайно высокое содержание борнита и халькопирита, что позволило начать промышленное использование их в качестве медных руд. Запасы таких руд здесь оценены в 315 млн.т со средним содержанием меди 0,69%, магнетита 25%, P_2O_5 от 1,5 до 4% и U_3O_8 от 0,12 до 0,34 фунта на 1 тонну. Из медного концентрата предполагается извлекать золото и сереб-

ро, содержание которых в I т концентрата, соответственно, составляет 1,77 г и 43,4 г.

Интерес представляют титаномагнетитовые и титаномагнетит-перовскитовые месторождения, обнаруженные в ряде массивов Северной Америки, Африки и СССР. Типичным представителем этого типа может служить эксплуатируемое месторождение титаномагнетитовых руд в якупирангитах массива Магнет-Ков (США). Запасы таких месторождений значительны и могут достигать многих сотен млн. т. Руды, как правило, комплексные. Титаномагнетит содержит разнообразные примеси: ванадия, редких металлов (ниобия и тантала) и редких земель. Содержание железа в рудах колеблется от 20 до 35%, двуокиси титана от 3-4 до 25%, содержание ниобия от 0,05 до 0,15%. На примере Магнет-Ков можно видеть, что в корях выветривания образуются и накапливаются богатые титаном минералы (рутил, брукит, лейкоксен). При обогащении таких руд получают концентраты с содержанием 95% TiO_2 .

В диссертации приведена геологическая характеристика двух карбонатитовых комплексов: Палабора в ЮАР и Сокли в Финляндии. Особое внимание уделено закономерностям образования и размещения связанных с ними месторождений: ториево-медного, бадделит-апатит-магнетитового и вермикулит-флогопитового на массиве Палабора и апатит-франколитового на массиве Сокли. Детально охарактеризованы морфология, условия залегания, масштабы месторождений, дана качественная характеристика руд, особенности состава минералов, закономерности распределения полезных компонентов.

Выбор этих месторождений в качестве типичных не случаен. Советским геологам достаточно хорошо известны зарубежные редкометалльные и редкоземельные месторождения, по которым в нашей печати опубликованы ряд сводных, в том числе и переводных, работ Д.С.Бородина, А.И.Гинзбурга и др., В.А.Невского и др., М.М.Москевича, Сб. "Карбонатиты" под редакцией Таттла и Гиттинса (перевод с английского) и др. Месторождения этого типа приурочены к верхним слабо эродированным собственно карбонатитовым телам. Карело-Кольская провинция представлена, в основном, массивами среднего или глубокого эрозионного среза. Основное значение в них приобретают апатит-магнетитовые, апатит-флогопит-

товные, апатитовые, а в коре выветривания-вермикулитовые и апатит-франколитовые месторождения. Зарубежные месторождения этого типа (включая и переводные работы) в советской печати охарактеризованы крайне схематично.

Месторождения Палабора представляют особый интерес, во-первых, тем, что этот массив по геологическому строению весьма близок массивам Карело-Кольского региона и, во-вторых, тем, что он относится несомненно к уникальным образованиям, по сочетанию и богатству полезных ископаемых сравним лишь с Ковдорским массивом. На примере сравнительной характеристики Ковдорских и Палаборских месторождений можно видеть, что, при удивительно сходных геологических процессах, рудообразование отличается своими неповторимыми особенностями, иногда оказывающими решающее значение на их промышленную оценку. Поучительна история геологического познания и освоения месторождений массива Палабора. Коренному населению он известен, видимо, сотни лет назад, о чем свидетельствуют древние выработки, каменоломни и примитивные печи для плавки меди и железа. Повышенные концентрации апатита в нем впервые привлекли внимание геологов в 1906 году. В 1930 г. производилась опытная добыча, но только после многолетних исследований в 1955 году начата постоянная эксплуатация месторождения. Уже в период эксплуатации был установлен комплексный характер месторождения и только в наши дни начато получение нескольких видов концентратов: апатитового, магнетитового, бадделитового. Таким же сложным было освоение вермикулитового и ториево-медного месторождения.

Финское месторождение Сокли детально разведано фирмой Раутаруукки. Обширные и глубокие по содержанию материалы разведки еще не опубликованы. Они были любезно предоставлены автору финскими геологами Х.Паармой (H. Paarma), Ю.Нуутилайненном (J. Nuutilainen), Х.Вартиайненном (H. Vartiainen) и др. В 1973 году во время производственной командировки автор имел возможность просмотреть керн разведочных скважин. Месторождение Сокли представляет двойной интерес: как пример образования в коре выветривания карбонатитов крупнейшего месторождения фосфатных руд и как пример небывалого в мире по разме-

рам и геологическому строению карбонатитового массива. Расположение его рядом с Ковдорским массивом в сходных геологических условиях представляет особый интерес при планировании поисковых работ в Карело-Кольском регионе.

ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ И СХЕМА ФОРМИРОВАНИЯ КОВДОРСКОГО МАССИВА

Ковдорский массив, площадью на современном эрозионном срезе 40 кв. км, является одним из наиболее сложных и интересных в мире. Он отличается наибольшим разнообразием пород и руд. В его строении широкое участие принимают не только обычные для подобных массивов серии пород (гипербазиты, акупиранигит-мельтейгит-иксолиты, карбонатиты), но и редчайшие в петрографическом отношении образования — турьяиты, меллититы, монтичеллитовые, гранат-амфибол-монтичеллитовые и др. Богатый фактический материал, полученный за последние 15 лет в процессе поисково-съемочных и разведочных работ, позволил автору совместно с геологами Ковдорской ГРП (Б.В.Афанасьевым и Б.И. Сулимовым) с участием сотрудников ЛГУ, ЛМС(а), ИГЕМ, ИМПРС и Кольского филиала АН СССР (О.М.Римской-Корсаковой, Е.М.Эпштейна, В.И.Петрова, П.П.Токмакова, Л.С.Бородина, А.В.Лапина, А.П.Афанасьева и др.) в значительной мере уточнить имевшиеся ранее представления о геологическом строении массива, последовательности формирования отдельных комплексов, генетических типах и масштабах оруденения. К наиболее существенным дополнениям и уточнениям относятся: 1) выявление неизвестных ранее комплексов пород и тел: слюдитов и слюдяно-пироксеновых, флогопит-диопсид-форстеритовых, монтичеллитовых, новых карбонатитовых тел и др; 2) выявление закономерностей и последовательности формирования образований наиболее важного в отношении оруденения карбонатитового этажа; 3) установление сложной природы восточной ранее магнитной аномалии в центральной части массива, обусловленной пространственным сочетанием двух генетически различных магнетитовых руд: пластовыми телами малотитанистого магнетита, генетически связанного с интрузией оливинитов, и штокером более поздних форстерит-магнетитовых тел карбонатитового этажа; 4) уточнение места, роли и масшта-

бов процессов метасоматического изменения пород: флогопитизации, меллитизации, нефелинизации, скарнирования, карбонатизации, апатитизации и др. Существенный прогресс достигнут в изучении коры выветривания. Установлены площади и интенсивность ее развития, особенности строения, минерального состава, зависимость профиля коры выветривания от состава вмещающих пород и т.д. Коренным образом изменились представления о типах, интенсивности, масштабах и практическом значении оруденения массива. В процессе проведенных работ выявлен ряд новых месторождений: флогопитового, апатитового, слюдитового и малотитанисто-магнетитового, а в коре выветривания — апатит-франколитового и вермикулитового. Существенным образом изменены представления о железорудном и карбонатитовом месторождениях. Уточнена их структура, условия залегания, резко увеличены запасы руд, обоснован комплексный их характер. Ниже приводится схема формирования Ковдорского массива, разработанная автором совместно с геологами Ковдорской ГРП СВТТУ Б.В.Афанасьевым и Б.И.Сулимовым. На основе собранных и обработанных автором материалов в диссертации рассмотрены некоторые особенности химизма пород.

ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ, ЗАКОНОМЕРНОСТИ РАЗМЕЩЕНИЯ И ОБРАЗОВАНИЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ КОВДОРСКОГО МАССИВА

На Ковдорском массиве к настоящему времени выявлено и разведано 5 промышленных месторождений: флогопита, апатит-магнетитовых руд и кальцитовых карбонатитов эндогенного генезиса; вермикулита и апатит-франколитовых руд гипергенного генезиса. В настоящее время все они, за исключением последнего, эксплуатируются. Кроме того, выявлены еще три крупных месторождения: малотитанистого магнетита, флогопитовых слюдитов, а в коре выветривания — вермикулит-актинолитовых пород. Изучены они слабо. По мнению автора они представляют промышленный интерес и подлежат разведке. В пределах массива имеются слабо изученные рудопроявления апатита, заслуживающие дальнейшего исследования.

СХЕМА ФОРМИРОВАНИЯ КОБДОРСКОГО МАССИВА

16

Этап	Стадия	П а л е о с о й	Гидротермальные (включая метасоматические) образования	Дочетвертичный период (Мезозой?) Образования древней коры выветривания
I. Интер-базитовый	1.	Оливиниты и рудные оливиниты	-	Дезинтегрированные оливиниты
	2.	Пироксениты и рудные пироксениты	Пироксенитовые оливиниты	Дезинтегрированные пироксениты и пироксенитовые оливиниты
II. Белочной	1.	Щелочные пироксениты (жупирантиты)	Анортперобазитовые слюдиты и слюднокпироксеновые породы	Дезинтегрированные и слабо гидратизированные слюдиты
	2.	Турбиниты	Меллитизированные оливиниты, пироксениты, слюдитно-пироксеновые породы и слюдиты	Слабодезинтегрированные породы
		Мельтейнит-ниосмитуртиты	Нефелинизированные пироксениты (в эндоконтакте) фениты и актинолит-биотитовые породы (в экзоконтакте)	Актинолит-вермикулитовые руды

17

III. Карбонатитовый	1.	Гранат-содержащие скарноподобные породы Экзирит-диопсид-кальцитовые карбонатиты	Гранат-содержащие скарноподобные породы Экзирит-диопсид-кальцитовые карбонатиты	Слабо дезинтегрированные породы
	2.	Флоросит-магнетитовые и апатит-форстерит-магнетитовые руды	Флоросит-диопсид-форстеритовые породы (флороситовые руды) Апатит-форстеритовые породы (апатитовые руды)	Сунгулит-вермикулитовые и вермикулитовые руды Франколит-цинкитовые, апатит-франколитовые и апатит-вермикулитовые франколитовые руды
	3.	Апатит-кальцитовые карбонатиты	Апатит-кальцит-флороситовые и апатит-кальцит-флоросит-диопсидовые породы	
	4.	-	Гуаитовые и татрафимонитовые кальцитовые карбонатиты и магнетитовые руды Доломит-магнетитовые руды и доломитовые карбонатиты	

1. Флогопит является наиболее широко распространенным минералом, встречающимся практически во всех породах массива. Установлено свыше десятка разновидностей. Наибольший практический интерес представляет зеленый флогопит нормальной железистости во флогопит-диопсид-форстеритовых породах, образованных в результате метасоматоза алюмомагнезиальных пород в карбонатитовый этап формирования массива. По структуре флогопит-диопсид-форстеритовые породы разнообразны: от мелко-среднезернистых до пегматоидных и гигантокристаллических (с размерами кристаллов флогопита до 15 м в поперечнике). В пегматоидных и гигантокристаллических разновидностях экслюатируется крупнейшее в мире месторождение электроизоляционного флогопита. Разведанные запасы флогопита составляют 1,3 млн. т. Среднее содержание флогопита 300-500 кг/м³. Мелко- и среднезернистые разновидности флогопитового комплекса представляют интерес лишь в коре выветривания, где по ним образуются вермикулитовые и гидрофлогопитовые руды. Представляет интерес попутный апатит, содержание которого составляет около 12-15%.

Большой практический интерес представляет темнобурый железистый флогопит в слюдитах и слюдино-пироксеновых породах, образование которых связано с метасоматозом гипербазитов при внедрении якупирангитов. Флогопит мелкочешуйчатый и может служить сырьем для производства чешуйки. Запасы сотни млн. т. Содержание флогопита в слюдитах до 60-80%. В качестве попутного компонента в слюдитах может представить интерес титаномагнетит.

Бурый железистый флогопит в турьянтах обладает значительными запасами (десятки млн. т) при сравнительно низком содержании (около 15-20%). Практическая ценность этого флогопита невелика.

Изумрудно-зеленый маложелезистый мелкочешуйчатый флогопит в магнетитовых рудах и кальцитовых карбонатитах II стадии может представить интерес как сырье для чешуйки при комплексном их использовании. Содержание его невелико (3-6%). В коре выветривания карбонатитов за счет выщелачивания карбонатов, накопления фосфатов и гидратизации флогопита образуются богатые вермикулит-апатитовые и вермикулит-апатит-франколит-

товные руды, представляющие большой интерес.

Последовательность образования указанных разновидностей флогопита, связь его с формироваанием массива, а также особенности состава приведены в табл. I, из которой видно, что на каждой последующей стадии флогопитообразования происходит закономерное снижение содержания железа, титана и повышение магнетитности минерала. В диссертации и в опубликованных работах автора дана детальная геолого-петрографическая характеристика флогопитоносных пород, показаны особенности их образования и размещения, обоснован гидротермальный (метасоматический) их генезис, рассмотрен баланс вещества при метасоматозе.

Выделенные генетические типы флогопита имеют широкое развитие на других карбонатитовых массивах Карело-Кольского региона, других районов СССР и мира.

2. Комплексное месторождение апатит-магнетитовых руд.

Апатит-магнетитовые руды образуют крупное трубообразное тело (Главное рудное тело) в юго-западной части массива, ряд жильных тел саттелитов и штокверк жил в центральной части массива среди оливинитов. Основные запасы сосредоточены в Главном рудном теле, оно детально разведано и ныне разрабатывается карьером.

Главное рудное тело в основном сложено апатит-форстерит-магнетитовыми рудами и окаймляющими их апатит-форстеритовыми породами, которые из-за высокого содержания фосфора представляют самостоятельный интерес как апатитовые руды. Линейно-вытянутые тела - саттелиты и штокверк жил в центральной части массива - сложены почти нацело форстерит-магнетитовой разновидностью руд.

Основным каналом поступления рудного вещества послужила система трех пересекающихся крутопадающих дорудных разломов: северо-восточного, северо-западного (вдоль контакта пироксенов и ийолитов) и субмеридионального. Все это обусловило образование более или менее изометричного в плане крутопадающего трубообразного тела, сложенного вначале нацело ранними форстерит-магнетитовыми и апатит-форстерит-магнетитовыми рудами. Определяющая роль этих систем нарушения подтверждается ориентировкой рудной полосчатости в Главном рудном теле и

Э т а п	Наименование флогопита	Породы, с которыми связан флогопит	Парагенезис минералов	Среднее содержание элементов (%)			Коэффициент железистости
				TiO ₂	FeO	MgO	
Щелочной	Темнобурый железистый	Слюдистый, слюдино-пироксен-ковые	Элогонит, апатит-диопсид, митризмиллит, перовскит	3,0	9,45	21,02	22,9
	Бурый железистый	Турияит	Флогопит, нефелин-мсиленит, титано-магнетит, перовскит	2,11	8,04	21,00	17,1
Карбонатный	Зеленый и желтый железистый	Флогопит-диопсид-форстеритовые	Флогопит, диопсид, форстерит, апатит, магнетит, кальцит, баццелент	0,95	6,3	24,41	12,4
	Изумрудно-зеленый железистый	Магнетитовые руды и кальцитовые карбонаты II стадии	То же	0,26	3,33	25,99	6,92

ориентировкой рудных жил - саттелитов во вмещающих породах. Форстерит-магнетитовые и апатит-форстерит-магнетитовые руды образовались преимущественно путем выполнения, о чем свидетельствуют их массивные, такситово-полосчатые текстуры, резкие контакты рудных тел с вмещающими породами, однородный состав, отсутствие зональности. Апатит-форстеритовые породы, которые сформировались либо одновременно, либо несколько ранее апатит-форстерит-магнетитовых руд, относятся бесспорно к метасоматическим образованиям. Для них характерны реликтовые текстуры, зональность, зависимость состава от вмещающих пород.

Проявление интратрудной тектоники на месте сочленения до-рудных разломов и поступление новых порций растворов приводило к интенсивному метасоматозу (кальцитизации) ранее сформированных руд. Так образовались кальцит-apatит-форстерит-магнетитовые руды в ядре Главного рудного тела. Кальцитизация сопровождалась перекристаллизацией. Текстуры руд пятнистые, пятнисто-полосчатые (вследствие неравномерной кальцитизации). Характерны друзы перекристаллизации (по Д.П. Григорьеву, 1961). Сформировавшаяся метасоматическая зональность в ядре Главного рудного тела и последующая взрывная деятельность магматического очага привели к формированию структуры нового типа - конических трещин, что обусловило образование вначале неполнокольцевых сравнительно мелких тел кальцит-магнетитовых руд и форстерит-кальцитовых карбонатитов, а затем трубообразных гумит-тетрафлогопитовых пород и кальцит-доломит-форстерит-магнетитовых руд. Взрывной характер обстановки формирования руд приводил к их дроблению и образованию эксплозивных брекчий различного состава, чаще всего приуроченных к контактам различных типов руд.

В табл.2 приведен средний минеральный состав руд, из которой видно, что одни разновидности руд пригодны только для извлечения магнетита, другие - магнетита и апатита, третьи - только апатита. Комплексное использование руд требует селективной переработки различных типов руд, либо строго планируемой их шихтовки в процессе добычи. В зависимости от типа руд изменяется и состав магнетита. Наиболее чистым составом обладают магнетиты из кальцитовых карбонатитов и перекристаллизованных руд.

Сравнительная таблица содержания минералов в магнетитовых рудах и карбонатах (по данным пересчета химических анализов)

№ и порядк образова- ния	Наименование руд и пород	Минералы (вес.%)						
		магне- тит	апатит	форс- терит и фло- гопит	каль- цит	домо- лит	бальце- леит	суль- фиды
1.	Форстерит-магнетитовые руды	50	I-2	40	2-4	до I	0,15	0,40
2.	Апатит-форстеритовые породы	5-8	20-26	50-60	3-6	до I	0,02 0,05	0,40
3.	Апатит-форстерит-магнетитовые руды	45	18-22	20-25	2-4	I-2	0,18 0,22	0,50
4.	Апатит-кальцит-форстерит-магнетитовые руды	20-40	15-20	15-20	25-40	4-6	0,16	1,5
5.	Кальцит-форстерит-магнетитовые руды	20-55	3-5	15-25	20-45	5-10	0,15	I-2
6.	Форстерит-кальцитовые карбонаты	5-8	10-15	6-10	70-80	3-6	0,03	I,0
7.	Гумит-тетрафлогопит-апатит-кальцит-магнетитовые руды	30-35	15-20	15-20	20-30	5-7	0,17	2-3
8.	Гумит-тетрафлогопитовые карбонаты	5-10	5-12	3-5	60-80	I-5	0,09	2-3
9.	Кальцит-доломит-форстерит-магнетитовые руды	55-65	I-2	20-25	3-5	10-12	0,22	1,5-3,0

3. Месторождение кальцитовых карбонатов

Форстерит-кальцитовые карбонаты представлены сотнями линзо- и жилообразных концентрически вытянутых тел, мощностью от первых метров до сотен метров, залегающих, практически, во всех породах массива. Обращает внимание приуроченность карбонатов к концентрическим зонам. Одна такая полукольцевая зона располагается в фенитовом ореоле, охватывая массив с юго-юго-запада. Здесь располагаются наиболее крупные тела карбонатов (Пилькома-сельга, Воцу-ваара), мощностью до 0,1-0,7 км., прослеженные по простиранию на несколько км. Падение карбонатов здесь крутое (80-90°) в сторону массива. Другая такая зона отчетливо прослеживается в северной части ольвинитового ядра массива, где карбонаты образуют серию кулисообразно-залегающих концентрических жил сравнительно небольшой мощности (до 100 м) и вытянутых по простиранию на 1-3 км. Падение этих жил пологое (20-40°) к центру массива. Таким образом, намечается общий эпицентр карбонатных образований, резко смещенный по отношению к центру массива к юго-юго-западу. Специальные расчеты показывают, что карбонатный эпицентр располагается на глубине 3 км в районе Главного железорудного тела. Таким образом, карбонаты контролируются структурами конических разломов и трещин. Наиболее крупные тела карбонатов г.Пилькома-Сельга и Воцу-ваара прослежены на глубину до 200 м и единичными скважинами до 500 м. Установлено, что условия залегания и мощность карбонатных тел с глубиной не изменяется.

Кальцитовые карбонаты относятся к наиболее молодым образованиям массива. Они секут не только гиперфазиты и щелочные породы, но и все породы флогопитового комплекса (включая гигантозернистые), а также эгирин-диопсид-кальцитовые карбонаты, форстерит-магнетитовые и апатит-форстерит-магнетитовые руды и дайки полевошпатовых ийолитов. В свою очередь кальцитовые карбонаты секутся и замещаются гумит-тетрафлогопит-содержащими магнетитовыми рудами, доломит-магнетитовыми рудами и доломитовыми карбонатами. Таким образом кальцитовые карбонаты являются, по существу, внутрирудными образованиями, хотя, в отличие от магнетитовых руд, характеризуются

ся более широким развитием и своими особенностями структурного контроля.

Контакты кальцитовых карбонатитов с вмещающими породами обычно резкие, прямолинейные. В гипербазитах (оливинитах и пироксенитах) никаких приконтактных изменений не наблюдается. Щелочные интрузивные породы (якуширангиты, турьяиты, ийолитуртиты) и их метасоматические производные (меллититы, фениты) в контакте с кальцитовыми карбонатитами в той или иной степени изменены: флогопитизированы, кальцитизированы и апатитизированы. Мощность зоны изменения колеблется от первых см до нескольких десятков метров. Особенно интенсивное изменение установлено в контакте кальцитовых карбонатитов с фенитами на участке Пилькома-Сельга на юго-западной окраине массива. Здесь часто вскрываются мощные (до 20-30 м) зоны тонко- и мелкочешуйчатого слюдита, пропитанного апатитом и кальцитом. Все выделенные на геологической карте тела кальцитовых карбонатитов имеют однородное строение. Не наблюдается никаких следов зонального строения. Однородность иногда нарушается наличием обломков вмещающих пород, особо частых в приконтактных частях. Минеральный состав кальцитовых карбонатитов независим от состава вмещающих пород, одинаков и полностью аналогичен минеральному составу магнетитовых руд. Главным минералом является кальцит, второстепенные - доломит, апатит, магнетит, флогопит, форстерит, акцессорные - бадделейт и сульфиды. Второстепенные минералы характеризуются обычно неравномерным, сетчатым, полосчатым, либо пятнистым (шпировым) распределением, в зависимости от чего меняются и текстуры карбонатитов. Шпировые участки, обогащенные магнетитом и апатитом, могут достигать нескольких метров в поперечнике. По своему составу, текстуре и структурам такие разности карбонатитов ничем не отличаются от кальцит-форстерит-магнетитовых руд. Переходы таких шпировидных участков в обычные карбонатиты постепенные.

Карбонатитовые тела обычно сопровождаются штокверком мелких пачен, жил и прожилков, не выделяемых на геологических картах. Такие жилы и прожилки нередко характеризуются зональным строением. Внутренние зоны таких жил сложены почти мономинеральным кальцитом. В магнетитовых рудах кальцитовые зоны

окаймляются, как это было показано выше, зоной хорошо ограниченных кристаллов магнетита, в пироксенитах - вначале зоной форстерита, а затем треможита, в ийолитах и фенитах - зоной флогопита, в турьяитах, меллититах и гранат-содержащих скарноподобных породах - последовательно сменяющимися зонами форстерита, флогопита и диопсида. Характерной особенностью кальцитовых карбонатитов Ковдорского массива является повышенное содержание в них апатита. Исследование показывает, что апатит в карбонатитах распределяется неравномерно. В одних случаях повышенные концентрации его приурочены к периферии карбонатитовых тел, в других устанавливается незаконное чередование участков богатых и бедных апатитом карбонатитов. Важно отметить, что существует реальная возможность оконтуривания в пространных и раздельной добычи карбонатитов с повышенным содержанием апатита. В связи с этим нами выделяется два типа кальцитовых карбонатитов: с богатым (более 4% P_2O_5) и бедным содержанием апатита. Среднее содержание P_2O_5 в первой разновидности карбонатитов составляет от 5,25 до 6,45%. Кроме того, в них содержится магнетит в количестве от 5 до 10%.

Учитывая достигнутые в последние годы успехи в деле разработки новых флотореагентов, такие карбонатиты следует рассматривать как комплексные апатитовые руды. Кроме апатита, из таких руд можно получать магнетитовый и высококачественный кальцитовый концентрат, пригодный для производства портландцемента и многих весьма дефицитных на Кольском полуострове вяжущих материалов. О возможности использования апатитовых карбонатитов как комплексной руды свидетельствует и зарубежный опыт. Так, по данным Т. Динса (1969), кальцитовые карбонатиты массива Тороро в Восточной Уганде являются основной сырьевой базой цементной промышленности страны, а на массиве Якуширанга в Бразилии с 1962 г. построена и успешно эксплуатируется полупромышленная установка по обогащению карбонатитов, содержащих около 4,5% P_2O_5 . В процессе пенной флотации здесь получают кальцитовый концентрат с содержанием P_2O_5 менее 1%, используемый для производства цемента. В 1973 году "Механобром" была проведена проба из Ковдорских карбонатитов, содержащих магнетитовые руды. Содержание основных компонентов в ис-

ходной пробе составило: железо - 10,47%, CaO - 43,0%, MgO - 2,90%, P₂O₅ - 5,80%, CO₂ - 28,23%. Получены апатитовый концентрат с выходом 9% и содержанием P₂O₅ - 36,1%, магнетитовый концентрат с выходом 13,3% и содержанием железа 64,6%. Таким образом, в настоящее время принципиально доказана возможность промышленного освоения нового типа апатитовых руд - кальцитовых карбонатов. Химический состав апатита как в карбонатах, так и в апатит-магнетитовых и флогопитовых рудах (табл.3) выгодно отличается от апатита Хибинских месторождений меньшим содержанием фтора и почти полным отсутствием стронция.

Таблица 3

Химический состав апатита

Место-рожде-ние	Тип руды	Содержание компонентов (вес. %)						
		P ₂ O ₅	CaO	SrO	TR ₂ O ₃	F	CO ₂	H ₂ O
Ковдор-ское	Флогопитовый (1 анализ)	38,0	53,55	0,20	1,19	0,56	-	2,0 ^{x)}
	Апатит-форстерит-магнетитовый (ср. из 5 анализов)	41,46	55,17	0,23	0,22	1,43	0,52	0,45
	Кальцитовый карбонатит (1 анализ)	41,30	54,96	0,17	0,044	0,56	-	0,64 ^{x)}
Хибин-ское	Апатит-нефелиновый (2 анализа)	40,63	52,11	3,22	0,92	3,15	-	0,34

x) Вместо H₂O определялись п.п.п.

4. Вермикулитовое месторождение

Вермикулитовое месторождение приурочено к коре выветривания флогопит-диоксид-форстеритовых пород. По данным В.П.Петрова (1967), выветривание имеет мезозойский возраст и является аналогом каолиновых кор выветривания. Четвертичный возраст коры выветривания однозначно устанавливается по находкам сунгулита в обломках донной морены. Мощность коры выветривания колеблется от 10-20 м до 100-150 м и на участках с промышленной концентрацией вермикулита в среднем равна 30-40 м. Кора выветривания по флогопит-диоксид-форстеритовым породам имеет четко выраженное зональное строение. Снизу вверх выделяются зоны: дезинтеграции, гидрофлогопитовая, вермикулитовая и сунгулитовая. Наибольший промышленный интерес представляют средние гидрофлогопитовая и вермикулитовая зоны. Все зоны формируются одновременно под влиянием просачивания гипергенных растворов. Интенсивность и глубина выветривания определяется минеральным составом, структурой флогопитовых пород и тектоникой. Легче подвергается выветриванию интенсивно осаденные, крупнозернистые и пегматоидные разновидности пород. Решающее влияние на глубину выветривания имеет трещиноватость пород. По зонам дробления, трещинам и контактам различных пород процессы выветривания проникают на глубину до 200-300 м. Влияние этих факторов определяет неравномерность развития процессов выветривания на глубину, смену площадного типа выветривания линейным или трещинным. Все это обуславливает сложный (нередко пилособразный) характер подошвы коры выветривания, условность границ между различными зонами. В соответствии с представлениями И.И.Гинзбурга и И.А.Рукавишниковой устанавливается определенная последовательность (стадийность) выветривания минералов. Начальные стадии выветривания знаменуются физическим разрушением (дезинтеграцией) пород в глыбы, щебень и, наконец, в мелко- и тонкозернистый песок. Затем физическое выветривание сменяется химическим. Все большее и большее число минералов подвергается изменениям, иногда полному разрушению, часть компонентов из них выносятся фильтрующими растворами, другая часть накапливается в продуктах выветривания. Просле-

живая характер изменения отдельных минералов, можно увидеть, что для коры выветривания флогопитоносных пород (так же как и для коры выветривания вообще) характерны процессы гидратации, окисления и выщелачивания. Наиболее полно изучено изменение флогопита. Минералогическое изменение его происходит по схеме: флогопит \rightarrow гидрофлогопит \rightarrow вермикулит \rightarrow сунгулит. Химическое его изменение, как показывает сравнение состава указанных минералов, заключается сначала в одновременном развитии процессов выноса калия, гидратации и окисления двухвалентного железа в трехвалентное, а затем (на стадии образования сунгулита) в выносе глинозема и железа.

Сходным изменениям подвергаются оливин и пироксен. Промежуточные продукты изменения этих минералов представлены гидроксидом, сапонитом и гидроокислами железа, конечные — также сунгулитом.

5. Апатит-франколитовое месторождение

Апатит-франколитовые руды сформировались в коре выветривания кальциевых карбонатов и отчасти кальцитовых разностей магнетитовых руд. Все это и определяет их распространение, условия залегания и морфологию. В плане апатит-франколитовые руды, так же как и карбонаты, образуют концентрически вытянутые тела на юго-западной окраине массива среди карбонатов, фенитов, и в меньшей мере, апатит-магнетитовых руд. По простиранию они то сливаются в мощные (до 300 м) раздвиги, то разветвляются, образуя пучок жил и прожилков мощностью от первых см до первых десятков м.

Кора выветривания карбонатов имеет много сходных либо даже идентичных черт с рассмотренной выше корой выветривания флогопитоносных пород. К ним относятся зональный профиль, характер подошвы коры выветривания, переходы между различными зонами и изменение минералов. В общем случае профиль коры выветривания по апатит-содержащим кальцитовым карбонатам схематически может быть представлен следующим образом (снизу вверх): а) зона дезинтеграции; б) вермикулит-апатитовая зона (зона остаточного накопления), в которой происходит интенсивное выщелачивание карбонатов, накопление устойчивых в этих условиях мине-

ралов (апатита, магнетита, слюды), гидратация флогопита; в) франколитовая зона (зона цементации или вторичного обогащения фосфатом). Основным признаком этой зоны является образование вторичного фосфата — франколита, замещающего апатит, вермикулит и другие силикаты; г) лимонит-гидрогетитовая зона ("железная шляпа"). В этой зоне выщелачиваются не только карбонаты, но и фосфаты, накапливаются гидроокислы железа и марганца. Вследствие различной интенсивности выветривания, а также различного проявления поздних процессов эрозии, полный профиль коры выветривания наблюдается лишь в редких случаях (например, на массиве Сокры в Финляндии). На Ювдорском месторождении самая верхняя лимонит-гидрогетитовая зона отсутствует. Известны остаточные месторождения апатита по карбонатам, на которых отсутствует и франколитовая зона (Белая зима в Сибири). Практически на всех карбонатных массивах мира имеются площади, на которых кора выветривания представлена только зоной дезинтеграции. Профиль коры выветривания зависит также от первичного состава карбонатов. Так, например, по анкерит-сидеритовым карбонатам массива Салланлатва образуются зоны дезинтеграции и лимонит-гидрогетитовая. Промежуточные зоны остаточного апатита и вторичного накопления франколита здесь не отмечались. Возможно, что они имеют ничтожное развитие, либо даже отсутствуют вследствие низкого содержания апатита в исходных карбонатах. Наоборот, высокое содержание в них железа способствовало интенсивному формированию "железной шляпы".

Промышленное значение продуктов коры выветривания также находится в большой зависимости от количества примесей полезных компонентов в первичных карбонатах. Повышенное содержание в них никобия, редких земель, флогопита обуславливает большую вероятность накопления в коре выветривания промышленных концентраций остаточного пироксера, вторичных редкоземельных минералов, вермикулита.

Продукты коры выветривания карбонатов, так же как и слюдоносных пород на вермикулитовом месторождении, разбиваясь с поверхности, наиболее глубоко проникают по зонам дробления и контактам различных пород. Для них характерны тот же парагене-

зис гипергенных минералов (гидроокислы железа, франколит, вермикулит, сунгулит, гидроксидит), пористые, ячеистые, губчатые и кавернозные текстуры, наличие коллоидных, почковидных образований франколита. Однако особенности состава карбонатов определяют и существенные отличия в развитии процессов коры выветривания по ним. Эти отличия заключаются прежде всего в том, что основная масса минерального вещества карбонатов - кальцит - подвергается выносу. В коре выветривания накапливаются второстепенные минералы - апатит и магнетит. В результате этого продукты коры выветривания коренным образом меняют не только минеральный, но и химический состав. Огромные масштабы выноса обуславливают мощные явления уплотнения (проседания) продуктов коры выветривания с обрушением, вымыванием и перераспределением минерального вещества потоками грунтовых вод. В связи с этим руды нередко приобретают брекчиевидные текстуры, смешанный остаточно-инфильтрационно-инфильтрационный генезис. Представление о масштабах выноса и накопления вещества даны в табл.4.

Промышленные типы апатит-франколитовых руд, их запасы и качество приведены в табл.5.

Плотные апатит-франколитовые руды отличаются высоким содержанием лимонно-растворимого фосфора и, подобно остаточным и осадочным фосфоритам, пригодны для производства непосредственно удобрений - фосфоритной муки.

Химический состав франколита: P_2O_5 - 38-39,2%, CaO - 53,5-54,3%, SrO - 0,15-0,16%, TR_2O_3 - 0,06-0,1%,

F - 2,7-3,0%, CO_2 - 2,7-3,3%, H_2O - 1,5-2,6%.

Кроме рассмотренных 5 промышленных месторождений на Ковдорском массиве обнаружено еще три месторождения и ряд рудопроявлений. Из-за слабой изученности промышленное значение их не ясно. К ним относятся месторождения малотитанистого магнетита, слюдитов, вермикулита и рудопроявления гипогенного и гипергенного апатита.

Таблица 4

Расчет миграции основных компонентов при выветривании кальцитовых карбонатов

Ком- по- ненты	Невыветрелый карбонатит (ср. из 8 анализов)		Апатит-франколитовая твердая руда (техн. про- ба)		Кoeffи- циент подвиж- ности а : в	Вынос (%) $\frac{a-b}{a} \cdot 100$	Привнос (%) $\frac{a-b}{b} \cdot 100$
	вес, %	г/см ³ (а)	вес, %	г/см ³ (б)			
SiO_2	1,32	0,0396	3,56	0,044	0,90	-	8,6
Al_2O_3	0,21	0,0063	1,82	0,023	0,27	-	72
Fe_2O_3	2,27	0,0681	6,86	0,085	0,80	-	25
FeO	1,70	0,051	3,12	0,039	1,3	24	-
CaO	50,05	1,52	44,50	0,552	2,75	63	-
MgO	2,92	0,0786	1,27	0,0157	4,9	80	-
CO_2	36,36	1,091	1,95	0,024	45,4	98	-
P_2O_5	4,00	0,120	32,62	0,404	0,3	-	237
S	0,30	0,0090	0,14	0,0017	5,32	80	-
$Fe_{\text{вс}}$	2,9		7,0				
Сумма	99,89		100,71				
Объем- ный вес							
г/см ³	3,0		2,7				
Объем- ный вес до уплот- нения	3,0		1,2				

Таблица 5
Промышленные типы апатит-франколитовых руд,
их запасы и качество

Промышленные типы руд	Запасы руды (млн.т)	Содержание (вес.%) в руд- дах основных компонентов			
		P ₂ O ₅	Fe _{св.}	Fe _{магн.}	Верми- кулит
Франколит-апатит-магне- титовый	10	14,75	33,4	32,5	0,5
Апатит-франколитовый сплошной, плотный	11	29,4	7,8	7,5	1,0
Франколит-вермикулит- апатитовый сплошной, рыхлый	38	14,7	7,6	6,2	18,0
апатит-франколитовый, штокверковый	50	6-8	нет	нет	нет

Месторождение малотитанистого магнетита располагается в оливинитах ядра массива. Рудные оливиниты имеют постепенные переходы в нормальные оливиниты и относятся к типичным гисте-ромагматическим образованиям. Общие запасы руд оцениваются во многие сотни млн.т, среднее содержание железа в них 15-17%, в том числе железа, связанного с магнетитом, 10-12%. Магнетит характеризуется повышенным содержанием никеля и хрома. Лабораторные испытания показали возможность получения качественных концентратов, пригодных для производства ферроникели.

Месторождение слюдитов расположено в южной части массива, на контакте якупирангитов с гипербазитами. Образование его связано с метасоматозом оливинитов под воздействием щелочных растворов при внедрении якупирангитов. Слюдиты могут использоваться комплексно: для производства слюдиной чешуйки и полупного получения титано-магнетитового концентрата.

Месторождение вермикулита расположено на крайнем юге в фенитовом ореоле массива. Оно приурочено к коре выветривания актинолит-биотитовых пород, образовавшихся в процессе метасо-

матоза протерозойских перидотитов под воздействием растворов, связанных с внедрением щелочных пород массива. По единичным скважинам установлено, что глубина коры выветривания достигает 20-30 м, содержание вермикулита до 50-70%.

Рудообразования гипогенного апатита известны в идиолит-мельтейгитах, якупирангитах и фенитах. Остаточные накопления апатита встречены в коре выветривания карбонатитов северной части массива. По единичным пробам содержание P₂O₅ в гипергенных образованиях достигает 20-22%.

ПЕРСПЕКТИВЫ ОБНАРУЖЕНИЯ НОВЫХ КАРБОНАТИТОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ В КАРЕЛО-КОЛЬСКОМ РЕГИОНЕ

В Карело-Кольском регионе, кроме Ковдорского, известно еще 16 массивов ультраосновных, щелочных пород и карбонатитов, приуроченных к региональным разломам. Изучены они неодинаково и в целом еще весьма и весьма слабо. Сравнительно хорошо освещены перспективы рудоносности Африкандского массива. Значительный объем поисково-съемочных и разведочных работ выполнен на Лесной вараче, Буорьярвинском, Себляврском и Салламантвинском массивах. Однако более половины площади этих массивов не изучены. Поисково-разведочные работы на них имели узкоотраслевую направленность, проводились некомплексно, на ограниченных, как правило, наиболее доступных для горных работ площадях.

На крупнейшем в Карело-Кольском регионе массиве Турий из систематические поисково-съемочные работы начаты лишь в 1969 году. К настоящему времени они еще не закончены. Значительная часть массивов (Кургинский, Кситозерский, Песочный, Салмагорский, Ковдозерский, Озерная варача, Ингозерский и Сейдозерский) охвачена только маршрутным обследованием с ограниченным использованием легких горных выработок. О некоторых массивах (Колвикский, Нама-ваара) известно только то, что они имеют и самые ориентировочные сведения об их строении. Все это обуславливает сугубо предварительный характер оценки их рудоносности.

В формировании массивов, так же как и на Ковдорском, четко устанавливается три последовательных этапа: гипербазитовый, щелочной и карбонатитовый. Соответственно, выделяются три по-

следовательно образующиеся серии пород: ультраосновные (оливиниты и пироксениты), щелочные (якупирангиты, мельтейгиты и ийолит-уртиты) и карбонатиты. С гипербазитами генетически и пространственно связано железное и титановое оруденение; с щелочными породами - железистого флогопита, отчасти титана и фосфора; с ранними кальцитовыми карбонатитами - флогопита нормальной и малой железистости; магнетита и фосфора; с поздними кальцитовыми и доломит-кальцитовыми карбонатитами - ниобия и тантала и, наконец, с еще более поздними доломитовыми, анкеритовыми и сидеритовыми карбонатитами - редких земель, стронция, барита.

Положение и морфология рудных тел внутри массивов определяются, в основном, структурой конических трещин, которые в соответствии с представлениями В.М.Смирнова, разделяются на две разновидности: конусные (падающие к центру массивов) и кольцевые (падающие к периферии массива). Они относятся к нарушениям скола и, согласно хорошо обоснованным представлениям Е.Андерсена, впоследствии существенно дополненным Г.М.Вирвлинским, формируются в результате сосредоточенного вертикального давления. Например, при подъеме колонны магмы или газового столба, т.е. в условиях давления снизу вверх, превышающего пределы механической прочности пород, появляются сколы по коническим поверхностям. С такими типами структур связано внедрение щелочных пород в большинстве массивов Карело-Кольского региона, а также образование связанных с ними месторождений железистого флогопита (Себлявское, Луоринтинское). С этими же структурами связано образование всех крупных тел карбонатитов, а в некоторых случаях - апатитового и апатит-магнетитового оруденения. В это же время в результате разрывных деформаций могли появляться радиальные трещины отрыва. Последующее снятие напряжений, сопровождающееся опусканием блоков земной коры, вызывало образование кольцевых сколовых разломов. К этому типу относится структура Ковдорского флогопитового месторождения.

В некоторых случаях морфология рудных тел определялась другими структурами: пересечения разломов различного направления, зон трещиноватости или магматического расслоения. Соответственно, рудные тела приобретают форму трубовидных тел (Тра-

вное рудное тело Ковдорского апатит-магнетитового месторождения), изометричных или ориентированных в пространстве штоков-верков (форстерит-магнетитовые жилы в центре Ковдорского массива), либо повторяющихся в разрезе пластообразных залежей (рудные оливиниты массивов Лесная варака, Ковдорского и др.).

В образовании месторождений полезных ископаемых на массивах ультраосновных, щелочных пород и карбонатитов огромную роль играет этап гипергенного изменения первичных пород и руд. Обобщение геологических материалов показывает, что процессы гипергенеза являются неотъемлемой особенностью всех без исключения массивов независимо от их генетического типа, возраста и территориального положения. В коре выветривания вследствие интенсивных процессов гидратизации, окисления и выщелачивания образуются остаточные месторождения ниобия, тантала, редких земель, барита, апатита, железных и титановых руд, остаточных-инфильтрационных месторождения франколита. Характерно, что содержание полезных компонентов в образованиях коры выветривания повышается в несколько, а в наиболее благоприятных условиях - в десятки раз. Особенно интенсивному выщелачиванию подвергаются карбонатиты. В результате даже незначительная примесь в них устойчивых к выветриванию компонентов (фосфора, редких и редкоземельных элементов) может приводить к накоплению их в промышленных концентрациях в продуктах гипергенеза.

За счет гидратации флогопита в корях выветривания образуются месторождения вермикулита. Пространственное положение гипергенных месторождений контролируется составом первичных пород и руд, а также геоморфологическими и структурно-тектоническими особенностями района, определяющими пути движения метеорных вод. В целом в массивах ультраосновных, щелочных пород и карбонатитов Карело-Кольского региона с каждым из этапов их формирования выделяются следующие типы оруденения.

Гипербазитовый этап:

I. Малотитанисто-магнетитовое в интрузивных рудных оливинитах. Рудные тела широко- или пластообразные, иногда повторяющиеся в разрезе, имеют постепенные переходы к обычным интрузивным оливинитам. Генезис магматический. По качеству руды средние. Содержание железа от 15-20 до 30-35%, двуокиси тита-

на от 1-2 до 3-4%, отличаются повышенным содержанием никеля, а иногда и хрома. Титан и никель самостоятельных минералов не образуют. Оба входят в решетку магнетита. Руды могут использоваться для производства магнетитового концентрата и ферроникели. Разведанных месторождений нет. Целесообразно проведение рекогносцировочных работ с целью определения масштабов оруденения и технологических свойств сырья.

2. Титаномагнетит-перовскитовое в интрузивных рудных пироксенитах. Рудные тела пластической, жилкообразной и неправильной формы, обычно с постепенными переходами в нормальные пироксениты. Генезис перовскитовой минерализации спорный. А.А.Кухаренко рассматривает ее как позднемагматическую (бузивную), Л.С.Бородин и А.В.Лапин - как гидротермальную (метасоматическую), связанную с образованием щелочных пород. Постоянная приуроченность титаномагнетит-перовскитовых руд к гипербазитам, постепенные переходы между ними - все это свидетельствует в пользу первой точки зрения. Однако часть перовскитового оруденения, видимо, связана с метасоматозом гипербазитов в щелочной этап формирования массивов. Об этом свидетельствует, например, появление перовскита в парагенезисе с железистым флогопитом в слюдитях Ковдорского массива. Руды богатые, но неустойчивые по составу. Содержание железа 18-35%, TiO_2 - 10-20%. Перовскит содержит TiO_2 - 53-57% и некоторое количество редких и редкоземельных элементов. Руды комплексные, но сложные по переработке. Одно из месторождений детально разведано, но из-за недоизученности технологической переработки сырья не эксплуатируется.

3. Магнезиальное (вяжущее и огнеупорное сырье), представленное безрудными оливинитами, слагающими в некоторых массивах (Ковдорский, Лесная барака) крупные интрузии с практически неограниченными запасами. Использование оливинитов как огнеупорного и вяжущего сырья обусловлено высокомагнезиальным составом оливина (85-95% форстеритовой молекулы). Лабораторными и полужаводскими испытаниями ЛИСИ доказана возможность и экономическая целесообразность использования наиболее чистых разновидностей оливинитов для производства автоклавных строительных материалов, в частности силикатного кирпича, а институтом огнеупоров

- высококачественных огнеупорных материалов. Детально разведан один из участков массива Лесная барака. Месторождение не эксплуатируется.

Щелочной этап

4. Железистого флогопита, крупнопластинчатого электроизоляционного и мелкочешуйчатого, используемого для получения слюды-чешуйки. Приурочено к метасоматическим слюдино-пироксенным породам и слюдитам, образованным по гипербазитам при внедрении якупирангитов. Известны крупные залежи и жилы, тяготеющие к контакту якупирангитов с гипербазитами. Флогопит характеризуется сравнительно высокой железистостью (коэффициент железистости 17-23%) и постоянным парагенезисом с титаномагнетитом и перовскитом, которые в некоторых случаях могут представить интерес как попутные полезные компоненты.

Промышленные скопления крупнопластинчатого флогопита, пригодного в качестве электротехнического сырья, предварительно разведаны в пределах Себьяврского и Буорьяврвского массивов. Среднее содержание флогопита 50-100 кг/м³, запасы - многие сотни тыс. т. Залежь мелкочешуйчатого слюдита с запасами в десятки млн. т и содержанием слюды - чешуйки от 50-60 до 70-80% известна на Ковдорском массиве. Месторождения этого типа могут представить большой практический интерес и заслуживают более детального изучения.

5. Апатит-нефелиновое в интрузивных щелочных породах (ийолит-мельтейгитах и уртитях). Специально не изучалось. Генезис предположительно магматический. По отдельным пробам содержание P_2O_5 колеблется в пределах 2-6%, редко достигая 11% (Салмагорский массив). На Песочном массиве выделяются крупные участки со средним содержанием P_2O_5 около 4%.

Карбонатитовый этап

6. Дизанолитовое (титан-ниобиевое) оруденение связано с карбонатитами I стадии. В настоящее время известна лишь акцессорная примесь этого минерала.

7. Флогопита нормальной железистости (коэффициент железистости 12-14%) в метасоматитах флогопит-диоксид-форстеритового и флогопит-диоксидового состава связан с карбонатитами

II стадии. Характеризуется постоянным парагенезисом с апатитом, кальцитом, диопсидом, форстеритом, магнетитом и аксессуарным бадделейтом. На Ковдорском массиве детально разведана крупная залежь с запасами 1,3 млн.т. В качестве попутного полезного компонента интерес может представить апатит, содержание которого составляет в среднем около 10-12%.

8. Апатит-магнетитовое, генетически или парагенетически связанное с кальцитовыми карбонатами II стадии. Руды образуют крупные трубообразные (Ковдорский массив), штокообразные (Вуориярви), кольцевые дайкообразные (Себляврский массив) и жиллообразные тела (Турин м-с, Ковдорский и Вуориярвинский массивы). Генезис дискуссионный. Имеющиеся геологические наблюдения и экспериментальные данные свидетельствуют о возможности разнообразных способов образования этих руд: путем метасоматоза гипербазитов и щелочных пород под воздействием гидротермальных растворов, отщепляемых щелочной магмой; путем кристаллизации остаточного (обогащенного рудными компонентами, щелочами и летучими) расплава щелочной магмы; путем кристаллизационной дифференциации остаточной (существенного карбонатитового) расплава щелочной магмы. Дискуссионность генезиса руд, возможно, и определяется сложным сочетанием указанных способов, роль которых меняется в зависимости от конкретных структурно-геологических условий.

Запасы апатит-магнетитовых руд на отдельных месторождениях могут составлять от первых сотен млн.т до 1,0-1,5 млрд.т. Руды комплексные, легко обогатимые. Содержание железа в них составляет 25-30%, P_2O_5 - 6-8%. К настоящему времени в Карело-Кольском регионе детально разведано и эксплуатируется только одно Ковдорское месторождение. Разведанные запасы составляют 700 млн.т, прогнозные - 800 млн.т.

За рубежом эксплуатируется также одно подобного типа месторождение на массиве Палабора в ЮАР. Имеются реальные перспективы выявления новых крупных месторождений, в том числе и в СССР. Наибольшими потенциальными возможностями выявления таких месторождений обладают массивы Маймеча-Котуйской провинции на севере Сибирской платформы (массивы Ессей, Ираас и др.). В Карело-Кольском регионе месторождения с запасами в первые сотни

млн.т известны на Вуориярвинском, Себляврском и Туринском массивах.

9. Апатитовое, генетически и пространственно связанное с апатит-магнетитовыми рудами и кальцитовыми карбонатами. Соответственно выделяется два подтипа оруденения: апатит-силикатное и апатит-кальцитовое.

Апатит-силикатные руды (apatит-форстеритового, апатит-флогопитового и апатит-пироксенового состава) образуются при метасоматозе гипербазитов и щелочных пород под воздействием фосфорнесущих растворов, отщеплявшихся от апатит-магнетитовых расплавов. Такие руды обычно образуют ореолы шириной до нескольких сотен метров вокруг апатит-магнетитовых руд, реже - самостоятельные зоны в непосредственной близости от них. Состав таких руд разнообразен и зависит от состава вмещающих пород и степени метасоматической их проработки. В одних случаях они представлены сплошными апатит-форстеритовыми породами (ореол вокруг Главного рудного тела на Ковдорском массиве), в других - штокверком апатитовых, апатит-флогопитовых, апатит-кальцитовых, магнетит-apatит-кальцитовых жил в пироксенитах (Себлявр и Вуориярви). Во всех без исключения случаях устанавливается отчетливая генетическая и пространственная их сопряженность с апатит-магнетитовыми рудами и кальцитовыми карбонатами. Сходен также и их минеральный состав. Помимо апатита, кальцита, флогопита, форстерита, в них постоянно отмечаются магнетит и аксессуарный бадделейт. Качество руд может колебаться в широких пределах. Содержание P_2O_5 от 4-5 до 10-15%, железа от 3-5 до 10-15%. К настоящему времени предварительно изучены апатит-форстеритовые руды Ковдорского массива с содержанием P_2O_5 в среднем 7-8%, железа - 10-12%. Запасы таких руд оцениваются в 400 млн.т. Технологическими испытаниями установлена хорошая обогатимость руд и высокое качество получаемых концентратов. Апатит-пироксеновые руды с запасами во многие сотни млн.т. предполагаются на Вуориярвинском и особенно в большом количестве на Себляврском массивах. В настоящее время эти руды приобретают бесспорное промышленное значение и заслуживают скорейшего изучения.

Апатит-кальцитовые руды представляют собой собственно

кальцитовые карбонатиты, обогащенные фосфором. Генезис их, так же как и магнетитовых руд, спорен. Они образуют штокообразные тела (Туркий мис, Себлявр, Вуориярви), крупные кольцевые дайки - жилы (Ковдор, Себлявр) с запасами во многие сотни млн. - первые млрд. т. Содержание P_2O_5 в них составляет от 3-4% до 8-10%. Технологически руды изучены недостаточно. Могут представлять интерес как комплексное сырье: для получения чистого кальцитового концентрата (весьма дефицитного и необходимого в условиях Карело-Кольского региона, особенно в производстве порцеланд-цементов и извести) и попутного извлечения апатитового концентрата.

10. Пироклоритовый и пироклор-гатчеттолитовый, связанный с кальцитовыми и доломит-кальцитовыми карбонатитами II и III стадий. Известны мелкие штокверковые метасоматические тела, не представляющие самостоятельного промышленного интереса. Руды бедные, либо убогие. Рудные минералы - пироклор, гатчеттолит, цирколит. Такие руды обычно обогащены сульфидами, представлены в основном пирротином и в меньшей степени халькопиритом, сфалеритом и пиритом. Содержание меди достигает 0,1%, а в среднем не превышает 0,05%. Практический интерес могут представлять лишь в тех редких случаях, когда возможна их попутная добыча. Перспективы обнаружения крупных запасов богатых руд этого типа в Карело-Кольском регионе невелики.

11. Цирконовый, связанный с мелкими жилами доломитовых карбонатитов IV стадии, гидротермального генезиса. Бедное, непромышленное оруденение. Перспективы обнаружения повышенных скопленений отсутствуют в связи с незначительным развитием в Карело-Кольском регионе доломитовых карбонатитов.

12. Анкелитовый и барит-целестин-стронцианитовый, связанный с анкеритовыми и сидеритовыми карбонатитами V и VI стадий. Рудные минералы - анкелит, кордилит, бастнезит, бербанкит, стронцианит, целестин, барит. Оруденение слабо изучено. Ни с м. ф. ф. ф., ни о масштабах точных данных нет. Может представлять интерес как комплексное сырье на редкие земли, барит и сидерит.

Гипергенный этап

13. Вермикулитовый, связанный с корой выветривания флогопитоносных пород, образующихся как в щелочной, так и в карбонатитовой этапы формирования массивов. Морфология - плащесб-разные залежи при площадном и сравнительно узкие зоны при линейном типе выветривания. Глубина распространения от первых метров (Вуориярвинский и Себляврский массивы) до 100 и более метров (Ковдорский массив). Запасы руд до сотен млн. т, среднее содержание вермикулита 8-10 - 15-20%. В качестве попутного компонента интерес может представлять апатит, содержание которого по отдельным участкам может достигать 10-12%.

В Карело-Кольском регионе имеется разведанное и эксплуатируемое Ковдорское месторождение с запасами вермикулита 22 млн. т. Более мелкие, еще недостаточно изученные месторождения известны на Вуориярвинском и Африкандском массивах. Перспективы выявления новых крупных месторождений имеются на Ковдорском массиве, а в целом в Карело-Кольском районе невелики.

14. Апатит-фосфоритовый - приурочен к линейным и трещинно-линейным корам выветривания по карбонатитам, апатитовым и апатит-магнетитовым рудам. Образует иногда крупные залежи богатых и легко обогатимых руд. Содержание P_2O_5 достигает 35% и в среднем по отдельным крупным залежам составляет 18-20%. Кроме фосфора, руды содержат магнетит и вермикулит, извлечение которых целесообразно при комплексной переработке. Предварительно изучено Ковдорское месторождение с запасами в 50 млн. т. Имеются перспективы обнаружения таких руд на Вуориярвинском, Себляврском и Салланлатвинском массивах.

15. Барит-гетитовый, окристый, образующийся в коре выветривания сидерит-анкеритовых карбонатитов Салланлатвинского массива. Могут использоваться как комплексные руды для получения барита и минеральных красок. Содержание барита 15-20%, красящего пигмента 36%. Месторождение не изучено.

Ниже приводится сводная генетическая классификация месторождений и рудопроявлений в массивах ультраосновных, щелочных пород и карбонатитов Карело-Кольского региона, составленная в соответствии с представлениями П.М.Татарина, В.С.Корылицына и П.А.Стрелина на формационной основе.

Генетическая классификация месторождений и рудопроявлений в массивах ультраосновных, щелочных пород и карбонатитов Кольского полуострова

Серия	Формация	Субформация	Генетический тип	Минеральный тип	Минеральный парагенезис	Полезные компоненты		Морфология рудных тел		
						Основные	Попутные			
БВНННТОННС	Ультраосновных, щелочных пород и карбонатитов	Гидро-сазито-вая	Собственно-магматический	Мало-титанистый	Оливин, магнетит	Fe	Ti, Ni, Cr	Пластообразные залежи		
			Магматический	Титано-магнетитовый	Пироксен, титаномеллит, перовскит	Ti, Fe	Ta, Nb, TR	"		
		Щелочная	Собственно-магматический	Апатитовый	Эгирин-диопсид, нефелин, апатит	P	As	"	Штоки, конические тела, штоковые зоны	
			Контактово-метасоматический	Железисто-апатитовый	Железистый флогопит, пироксен, титано-магнетит, перовскит	Флогопит	Fe, Ti, V	"	Штоки, конические тела, штоковые зоны	
		Карбонатитовая	Смешанный	Апатит-магнетитовый	То же	Флогопит	P, Fe	"	Залежи и жилы	
			Смешанный	Апатит-кальцитовый	То же	Кальцит	Zr	"	Трубообразные залежи, копцевые жилы	
		ПВНННТОННС	Щелочных пород и карбонатитов	Гидротермальный	Пироксенитовый	Кальцит, доломит, апатит, пироксен, гадчеттолит, бадделит	Ta, Nb	Fe, P, Zr	"	Штоковые зоны с неотчетливыми границами
					"	Паризит-анкрит-састнезитовый	TR	"	"	Штоковые зоны, жилы
				" "	Барит-целестин-стронциевый	Анкрит, сидерит, барит, стронциант, целестин	сидерит, барит	Sr	"	"
					Апатитовый	Апатит, гидроокислы железа, флогопит	P	Fe, вермикулит	"	Пластообразные залежи, линейно-ветвистые зоны, карстообразные полости
" "	Вермикулитовый			Вермикулит, сунгулит, гидрофлогопит, гидроокислы железа, апатит	вермикулит	P	"	"		
	Остаточно-индифференциальный			Апатит-франкозитовый	Апатит, франкозит, гидроокислы железа	P	вермикулит	"	"	

Серия	Формация	Субформация	Генетический тип	Минеральный тип	Минеральный парагенезис	Полезные компоненты		Морфология рудных тел
						Основные	Попутные	
ЭКСПННННН	Щелочных пород и карбонатитов	Гидротермальный	Пироксенитовый	Кальцит, доломит, апатит, пироксен, гадчеттолит, бадделит	Ta, Nb	Fe, P, Zr	"	Штоковые зоны с неотчетливыми границами
			"	Паризит-анкрит-састнезитовый	TR	"	"	Штоковые зоны, жилы
		" "	Барит-целестин-стронциевый	Анкрит, сидерит, барит, стронциант, целестин	сидерит, барит	Sr	"	"
			Апатитовый	Апатит, гидроокислы железа, флогопит	P	Fe, вермикулит	"	Пластообразные залежи, линейно-ветвистые зоны, карстообразные полости
" "	Вермикулитовый	Вермикулит, сунгулит, гидрофлогопит, гидроокислы железа, апатит	вермикулит	P	"	"	"	
	Остаточно-индифференциальный	Апатит-франкозитовый	Апатит, франкозит, гидроокислы железа	P	вермикулит	"	"	

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Наиболее важными результатами проведенного исследования являются:

1. Выявление в пределах массивов ультраосновных, щелочных пород и карбонатитов Карело-Кольского региона новых промышленных месторождений и весьма перспективных рудопроявлений фосфатного сырья, железа, флогопита и вермикулита. В результате этих открытий Карело-Кольский регион занял ведущее место по запасам флогопита и вермикулита и в существенной мере укрепил свое лидирующее положение по запасам фосфатного сырья.

2. Разработка генетической классификации месторождений полезных ископаемых формации ультраосновных, щелочных пород и карбонатитов Карело-Кольского региона, основанная на углубленном изучении вещественного и минерального состава рудных тел, их морфологии и условий залегания, генетической и пространственной связи оруденения с формированием пород массива, либо с процессами их изменения. Представляемая генетическая классификация, опирающаяся на богатейший фактический материал, полученный в процессе поисков, разведки и эксплуатации месторождений, является, по существу, сводкой важнейших поисковых предпосылок и признаков и может служить основой выбора направления дальнейших поисково-разведочных работ.

3. Обоснование перспектив выявления новых крупных месторождений апатита и железа, основанное на анализе рудоносности массивов Карело-Кольского региона с привлечением опыта изучения подобных массивов в других районах СССР и мира. Выделение наиболее перспективных на апатит массивов, прежде всего Себляярского и Вуориярвинского, заслуживающих первоочередного изучения.

Список печатных работ по теме диссертации приводится ниже:

1. Зискинд М.С. и Терновой В.И. Месторождения вермикулита Кольского полуострова. В сб.: "Материалы по геологии и полезным ископаемым Северо-Запада РСФСР". вып.2, Л., Гостоптехиздат, 1960 стр. 128-149.

2. Терновой В.И. Ковдорское месторождение вермикулита. Разведка и охрана недр. 1960, № 5.

3. Терновой В.И. Методика поисков, разведки и опробования месторождений вермикулита на Кольском полуострове. - Сб. Вопросы методики опробования рудных месторождений при разведке и эксплуатации. М., Госгеолтехиздат, 1962.

4. Терновой В.И. К условиям образования слюд на Ковдорском флогопито-вермикулитовом месторождении. В сб.: "Материалы по геологии и полезным ископаемым Северо-Запада РСФСР". вып.3. Л., Гостоптехиздат, 1962.

5. Терновой В.И. Методика отбора и обработки проб на месторождениях вермикулита. В сб.: "Материалы по геологии и полезным ископаемым Северо-Запада РСФСР". вып.3. Л., Гостоптехиздат, 1962.

6. Зискинд М.С. и Терновой В.И. Перспективы флогопитоносности Кольского полуострова. - Сб. "Материалы по геологии и полезным ископаемым Северо-Запада РСФСР". вып.3. Л., Гостоптехиздат, 1962.

7. Терновой В.И. Опыт разведки месторождений вермикулита на Кольском полуострове. В сб.: "Перлит и вермикулит". М., Госгеолтехиздат, 1962.

8. Терновой В.И. Генетическая изученность Ковдорского вермикулито-флогопитового месторождения и поиски новых вермикулитовых и флогопитовых месторождений на Кольском полуострове. - Сб.: "Материалы совещания по проблемам и исследованиям, добычи, обогащения, переработки и применения вермикулита и флогопита в нар.хоз. (19-22 марта 1963). Апатиты (АН СССР Кольский филиал им.С.И.Курова РТИ), 1963.

9. Терновой В.И., Афанасьев Е.В., Сулимов Б.И. Геологическое строение и условия образования Ковдорского месторождения флогопита. Советская геология, 1967, № 2.

10. Погребницкий В.О., Терновой В.И. Некоторые вопросы кондиций для месторождений полезных ископаемых. Записки ЛПИ, 1967, т.52, вып.2, стр.111-121.

11. Погребницкий В.О., Терновой В.И. Особенности оценки полезных ископаемых на различных стадиях разведочных работ. Тезисы докладов на юбилейной научно-технической конференции, посвященной итогам года и задачам научно-технических работников в борьбе за технический прогресс. Л., 1967.

12. Терновскй В.И. Агрономические руды. В кн.: "Поиски и разведка месторождений полезных ископаемых". М., "Недра", 1968.

13. Терновой В.И. О некоторых проблемах опробования флогопита. В кн.: "Вопросы методики опробования месторождений полезных ископаемых при разведке и эксплуатации". Материалы 2-го Всесоюзного совещания по опробованию месторождения полезных ископаемых при их разведке и эксплуатации (Свердловск). Изд. Свердловского горного ин-та, 1969.

14. Терновой В.И., Афанасьев Б.В., Сулимов Б.И. Геология и разведка Ковдорского вермикулито-флогопитового месторождения. Под ред. Е.О. Погребницкого. М., "Недра", 1969.

15. Терновой В.И., Чуева М.Н., Касатов В.К. Геологическое строение и минералогия Ковдорского вермикулитового месторождения. В сб.: "Федоровская юбилейная сессия (1919-1969)" 21-24 мая 1969 г. Тезисы докладов. Л., (ЛТИ, РТИ), 1969.

16. Афанасьев Б.В., Сулимов Б.И., Терновой В.И. Схема формирования Ковдорского массива ультраосновных щелочных пород. Известия высших учебных заведений. Геология и разведка, 1970, № II.

17. Погребницкий Е.О., Терновой В.И. Проблемы оптимального использования минерального сырья при геолого-промышленной оценке месторождений полезных ископаемых. Проблемы рационального использования недр. Тезисы докладов научно-теоретической конференции, посвященной 100-летию со дня рожд. В.И. Ленина (9-10 апреля 1970 г.). Л., 1970. стр.18-23 (ЛТИ) РТИ.

18. Терновой В.И. Методика опробования, геолого-промышленной оценки и определения эффективности геологоразведочных работ на месторождениях слюды Северо-Запада РСФСР. В сб. рефератов по законченным в 1969 году научно-исследовательским работам". Л., (ЛТИ, РТИ), 1971.

19. Терновой В.И. Роль вмещающих пород в процессе образования Ковдорского флогопитового месторождения. В кн.: Условия образования и закономерности размещения полезных ископаемых. Сборник научных трудов. Л., 1971. (ЛТИ).

20. Погребницкий Е.О., Терновой В.И. Проблемы оптимального использования минерального сырья при геолого-промышленной оценке месторождений полезных ископаемых. В сб.: "Проблемы рациона-

льного использования недр". Мат. конф. Л., (ЛТИ, РТИ) 1971.

21. Терновой В.И. О принципах составления кондиций на слюдяные месторождения. Зап.ЛТИ, 1971, т.60, вып.2.

22. Терновой В.И., Сулимов Б.И., Чуева М.Н. Критерии прогноза апатитовых, апатит-магнетитовых и апатит-флогопитовых месторождений в массивах ультраосновных щелочных пород и карбонатитов Кольского полуострова. В кн. "Основы научного прогноза месторождений рудных и нерудных полезных ископаемых". Материалы к совещанию 14-17 декабря 1971 г. Л., 1971.

23. Терновой В.И., Сулимов Б.И., Чуева М.Н. Генезис и качественная оценка неметаллических полезных ископаемых на Ковдорском массиве ультраосновных-щелочных пород и карбонатитов. В сб. "Генезис, закономерности размещения и качественная оценка месторождений неметаллических полезных ископаемых, связанных с формацией гипербазитов". (Тезисы докладов). Изд. АН СССР, 1971.

24. Чуева М.Н., Терновой В.И. Химизм коры выветривания Ковдорского вермикулитового месторождения. В сб. "Генезис, закономерности размещения и качественная оценка месторождений неметаллических полезных ископаемых, связанных с формацией гипербазитов". (Тезисы докладов). Изд. АН СССР, М., 1971.

25. Терновой В.И., Чуева М.Н., Касатов В.К. Геологическое строение и минералогия Ковдорского вермикулитового месторождения. В кн.: "Кристаллография и минералогия". (Тр. Федоровской юбилейной сессии, 1969). Изд. ЛТИ, 1972.

26. Терновой В.И. Флогопитоносные пегматоидные породы Ковдорского месторождения. В сб. "Пегматиты" (геология, генезис, промышленная оценка). Ленингр. отд. "Недра", 1972.

27. Терновой В.И. О проблемах разведки и оценки слюдочесных пегматитов Карело-Кольского региона. В сб. "Пегматиты" (геология, генезис, промышленная оценка). Лен. отд. "Недра", 1972.

28. Афанасьев Б.В., Терновой В.И., Сулимов Б.И., Паньшин И.П. Геология и генезис месторождений полезных ископаемых на Ковдорском массиве. Мат. совещ., перспективы развития Ковдорского промышленного комплекса. КФ АН СССР, 1972.

29. Афанасьев Б.В., Сулимов Б.И., Терновой В.И. Состояние и перспективы расширения сырьевой базы Ковдорского рудного узла. Мат. совещ. Перспективы развития Ковдорского промышленного комплекса. КФ АН СССР, 1972.

30. Терновой В.И., Смоляк П.И., Тарасенко Ю.Н. Особенности строения Ковдорского флогопитового месторождения и перспективы повышения экономической эффективности его эксплуатации. В сб.: "Перспективы развития Ковдорского промышленного комплекса". Мат.совещ. г.Ковдор, 5-7 мая 1971 г. Изд.КФ АН СССР, 1972.

31. Терновой В.И., Сулимов Б.И., Тарасенко Ю.И. Геолого-промышленные типы руд Ковдорского железорудного месторождения. В сб. "Перспективы развития Ковдорского промышленного комплекса". Изд.КФ АН СССР, Апатиты, 1972.

32. Погребницкий Е.О., Терновой В.И. Принципы и методы комплексной оценки месторождений полезных ископаемых. В сб. "Теоретические основы разведки". Изд.ЛТИ, 1973.

33. Погребницкий Е.О., Терновой В.И. Особенности оценки и категоризации запасов на различных стадиях изучения месторождения. В сб. "Теоретические основы разведки". Изд.ЛТИ, 1973.

34. Погребницкий Е.О., Терновой В.И. Кондиции на минеральное сырье как основа оптимального использования недр. (Мат. Всесоюз. научн.конф., вып. I. Эконом. оценка месторожд. полезн. ископ.). Л., 1973, РИП ЛТИ.

35. Терновой В.И. Генетические типы месторождений полезных ископаемых формаций ультраосновных, щелочных пород и карбонатитов Кольского полуострова. Тр.ЛТИ, Юбилейный сб. к 200-летию ЛТИ, Л., "Недра", 1973.