

АКАДЕМИЯ НАУК СССР
ИНСТИТУТ ГЕОЛОГИИ РУДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ, ПЕТРОГРАФИИ,
МИНЕРАЛОГИИ И ГЕОХИМИИ
ИНСТИТУТ ГЕОЛОГИИ КАРЕЛЬСКОГО ФИЛИАЛА АН СССР

На правах рукописи

КУЛИКОВА
Виктория Владимировна

УДК 552.2:551.24:553 (470+574)

МАГМАТИЗМ АРХЕЙСКИХ ЗЕЛЕНОКАМЕННЫХ ПОЯСОВ
ЮГО-ВОСТОЧНОЙ ОКРАИНЫ БАЛТИЙСКОГО ЩИТА

Специальность 04.00.08 — петрография, вулканология

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т
диссертации на соискание ученой степени
кандидата геолого-минералогических наук

Москва — 1983

Работа выполнена в Институте геологии рудных месторождений, петрографии, минералогии и геохимии АН СССР и Институте геологии Карельского филиала АН СССР

Научные руководители: доктор геолого-минералогических наук
О.А.БОГАТИКОВ

кандидат геолого-минералогических наук
А.К.СИМОН

Официальные оппоненты: доктор геолого-минералогических наук
С.Б.ЛОБАЧ-ЖУЧЕНКО

доктор геолого-минералогических наук
И.Д.РЯБЧИКОВ

Ведущее предприятие: Институт литосферы АН СССР

Защита состоится "28" декабря 1983 года ^{15 часов} на заседании специализированного совета К.002.88.01 в Институте геологии рудных месторождений, петрографии, минералогии и геохимии АН СССР по адресу: 109017, г.Москва, Старомонетный пер.,35

С диссертацией можно ознакомиться в Библиотеке естественных наук АН СССР (отдел геологической литературы)

Автореферат разослан "17" ноября 1983 года

Ученый секретарь
специализированного совета,
кандидат геолого-минералогических наук *В.П.Капсамун* В.П.КАПСАМУН

115354к

БИБЛИОТЕКА
Карельского филиала
Академии наук СССР

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Работа посвящена изучению эволюции магматизма архейских зеленокаменных поясов юго-восточной окраины Балтийского щита. Исследовались преимущественно вулканогенные ассоциации отдельных структур, а также плутонические образования основного, ультраосновного и кислого состава.

А к т у а л ь н о с т ь т е м ы. Одной из важнейших задач геологической науки на современном этапе является раскрытие особенностей формирования и развития ранних этапов Земли. В предлагаемой работе сделана попытка рассмотреть главные черты магматизма архейских зеленокаменных поясов на примере ЮВ окраины Балтийского щита, которые по своим основным параметрам соответствуют аналогичным структурам других докембрийских щитов. Это обстоятельство позволяет по-новому рассмотреть перспективы данного региона в отношении ряда полезных ископаемых.

З а д а ч и и с с л е д о в а н и я. 1. Детальное изучение геологического строения выделенных зеленокаменных поясов и частных структур, их составляющих. 2. Петрографическая и петрохимическая характеристика магматических образований. 3. Формационный анализ магматических образований зеленокаменных поясов. 4. Выявление их главных металлогенических особенностей.

Н а у ч н а я н о в и з н а. Обосновано выделение на ЮВ окраине Балтийского щита зеленокаменных поясов. Впервые выявлены, петрографически и петрохимически изучены архейские ультраосновные эффузивы, образующие потоки и покровы значительной протяженности, найдены закономерности в распределении хрома и никеля в них. Получены данные о вертикальной и латеральной изменчивости магматических формаций. Выявлена минерализация меди в связи с формированием осадочно-вулканогенных толщ и становлением поздних интрузий гранит-порфиров(?); впервые в регионе обнаружены пегматиты мусковит-редкометалльной формации, приуроченные к зеленокаменным поясам; впервые установлена для региона минерализация вольфрама в жилах риолитов.

П р а к т и ч е с к а я з н а ч и м о с т ь. Геологическое обоснование выделенных на ЮВ окраине Балтийского щита архейских зеленокаменных поясов, известных в мировой практике как носителей крупных месторождений полезных ископаемых, позволяет целенаправленно проводить работы по поискам месторождений никеля, меди, железа, вольфрама, полиметаллов, редких металлов, асбеста и др. как внутри поясов в целом, так и в конкретных структурах. Выявление полей

пегматитов мусковит-редкометальной формации и мелной минерализации в связи с гранит-порфирами(?), вольфрамовой минерализации в кислых вулканитах расширяет перспективы региона и на эти полезные ископаемые.

В н е д р е н и е р е з у л ь т а т о в. В составе коллектива исследователей автор принимала участие в составлении "Схемы геологического строения Ветреного Пояса" масштаба 1:200 000 (1977) на площадь 30 тыс. кв. км, которая является в настоящее время основой для проектирования геологических и геофизических работ ИГО "Севзапгеология" и "Архангельскгеология" и других организаций в регионе. Найденные и описанные автором перидотитовые коматиты позволили в соавторстве с В.С. Куликовым дать рекомендацию методического плана по выявлению архейских перидотитовых коматитов, несущих никелевую минерализацию в Сумозерско-Кенозерском зеленокаменном поясе. ИГО "Архангельскгеология" использована рекомендация в соавторстве с В.С. Куликовым на постановку поисковых работ на пегматиты мусковит-редкометальной формации в районе оз. Сенегозера. ИГО "Севзапгеология" учтена рекомендация автора на поисковые работы на медь в районе р. Стороницы в связи с предполагаемой новой для региона меднопорфировой формацией. ИГО "Севзапгеология" передана рекомендация (в соавторстве с В.И. Иващенко, В.С. Куликовым и Н.Д. Сырмятиной) на поисково-оценочные работы в Южно-Выгозерском зеленокаменном поясе на вольфрамовую формацию в связи с находками автором шеелита в жилах кислых вулканитов.

О с н о в н ы е з а щ и щ а е м ы е п о л о ж е н и я.

1. На ЮВ окраине Балтийского щита выделены и впервые геологически обоснованы Южно-Выгозерский и Сумозерско-Кенозерский архейские зеленокаменные пояса, прослеживающиеся на расстояние от 60 до 300 км при ширине от 10 до 50 км. Пояса разделены гранит-плаггиогранитовыми куполами, вместе с которыми они образуют гранит-зеленокаменную область. Выделенные зеленокаменные пояса хорошо сопоставляются по строению и составу разрезов, возрасту и тектонике с зеленокаменными поясами Центральной Карелии, Восточной Финляндии, Южной Африки, Западной Австралии и Канады.

2. Намечена эволюция магматизма на основании выделения ряда магматических формаций (от древних к молодым): толеит-базальтовая и габбровая; коматит-базальтовая, дунит-гарцбургитовая и перидотит (верлит)-пироксенит-габбровая; андезит-базальтовая; андезит-дацит-риолит-плаггиогранитовая; диорит-плаггиогранитовая; гранитовая. Выявленная последовательность формаций обусловлена направленным и необ-

ративным развитием земной коры в докембрии.

3. В вулканогенных разрезах изученных зеленокаменных поясов впервые установлено широкое развитие перидотитовых и пироксенитовых коматитов, тесно ассоциирующих с базальтовыми коматитами и базальтами. Набор вулканитов, строение их разрезов, последовательность в эволюции и петрографо-петрохимические характеристики следует считать важнейшей типоморфной особенностью как изученных нами зеленокаменных поясов, так и известных в мире.

4. Отнесение ЮВ окраины Балтийского щита к гранит-зеленокаменным областям расширяет металлогенические перспективы региона и ориентирует на поиски соответствующих конкретных типов никелевых, колчеданных, железорудных, полиметаллических, молибденовых, вольфрамовых, меднорудных, редкометальных, асбестовых и других месторождений. Соответствующие рудопроявления нами обнаружены и выдвигаются в качестве рекомендаций для поисковых работ.

Фактическая основа и методы исследования. В основу диссертации положены работы автора в течение 10 лет в районе Ветреного Пояса. Непосредственная работа над диссертационной темой проводилась с 1979 г. одновременно с выполнением двух научных плановых тем Института геологии Карельского филиала АН СССР: 1. Геология и минерально-сырьевые ресурсы севера Европейской части СССР (1976-1980 гг.), где автор принимала участие в составлении карты магматических формаций, геологической и геохимической карт, а также в написании некоторых разделов объяснительных записок к ним по ЮВ окраине Балтийского щита (тема ГКНТ СССР). 2. Геологические формации и структуры докембрия Ветреного Пояса (1981-1984 гг.), где автор является ответственной по разделу "Вулканогенные формации".

В диссертации использованы оригинальные материалы по документации обнажений, скважин ЦГО "Севзапгеология" и "Архангельскгеология", а также фондовые материалы Института геологии Карельского филиала АН СССР, ЗГТ, ЦГО "Севзапгеология" и "Архангельскгеология", ЦГО "Аэрогеология". В процессе обработки материалов изучено более 1000 шлифов, использовано более 300 химических анализов (более 200 оригинальных), более 1000 спектральных полуколичественных и около 200 количественных анализов. Применялся также Федоровский метод, рентгеновский и минеральный анализы.

А п р о б а ц и я р а б о т ы. Основные положения диссертации опубликованы в 2-х коллективных монографиях, 22 статьях и тезисах и доложены на совещаниях: 1. Мантийные ксенолиты и ультраосновные

расплавы, 1980г., г.Новосибирск. 2. VI Всесоюзное петрографическое совещание, 1981г., г.Ленинград. 3. IX семинар "Геохимия магматических пород", 1982г., г.Москва. 4. Семинар "Минеральные преобразования океанической коры", 1982г., г.Владивосток. 5. III Всесоюзный семинар по геохимическим методам поисков месторождений полезных ископаемых, 1982г., г.Самарканд. 6. Семинар "Эволюция магматизма в главнейших структурах Земли", 1983г., г.Москва. 7. X международный симпозиум по прикладной геохимии, 1983г., г.Эспоо/Хельсинки. 8. Всесоюзное совещание "Эндогенные режимы формирования земной коры и рудообразования в раннем докембрии", 1983г., г.Воронеж.

Объем работы. Диссертация состоит из Введения, 7 глав и Заключения общим объемом 143 страниц машинописного текста, сопровождается 21 таблицей, 113 рисунками и списком использованной литературы 240 наименований, а также приложением с 68 таблицами.

Работа выполнена в отделе петрографии ИГЕМ АН СССР под руководством доктора геолого-минералогических наук О.А. Богатикова и кандидата геолого-минералогических наук А.К. Симона, которых автор искренне благодарит за ценные консультации, требовательность и принципиальность при подготовке работы, и в лаборатории геохимии и минералогии Института геологии Карельского филиала АН СССР.

В период работы автор пользовалась советами, критическими замечаниями, консультацией и помощью в осуществлении работы с.н.с. кандидата геолого-минералогических наук В.С. Куликова, а также советами и конструктивными предложениями доктора геолого-минералогических наук Л.П. Свириденко, кандидатов геолого-минералогических наук Г.П. Сафроновой, В.И. Иващенко, Л.Л. Гродницкого. Всем вышесказанным товарищам автор выражает признательность и благодарность за помощь в работе.

Аналитические определения составов пород и минералов выполнены сотрудниками групп химического, спектрального, рентгеноструктурного и минералогического анализа Института геологии Карельского филиала АН СССР, определения абсолютного возраста проведены в лаборатории геохронологии ИГЕМ АН СССР. Иллюстративный материал выполнен в фотолaborатории Карельского филиала АН СССР, в бюро оформления Института геологии и автором.

ГЛАВА I. ИСТОРИЯ ИЗУЧЕНИЯ И ОСНОВНЫЕ ЧЕРТЫ ГЕОЛОГИЧЕСКОГО СТРОЕНИЯ КВ ОКРАИНЫ БАЛТИЙСКОГО ЩИТА

Под КВ окраиной Балтийского щита понимается часть щита, рас-

положения к востоку от системы Беломорско-Балтийского канала. В административном плане она объединяет восточные районы Карельской АССР и крайние западные Архангельской области.

Первые сведения о геологии региона были получены А.А.Иностранцевым в 1872 г., который сравнивал породы края Ветреный Пояс с олонекскими обдузивами. Начало систематического изучения ЮВ окраины Балтийского щита относится к 1935 г. (Н.В.Альбов, геолого-съёмочные работы масштаба 1:500000). Впоследствии геологическим изучением региона занимались Ю.М.Антонов, А.И.Кацков, В.В.Гаврилов, А.Г. и Д.А.Кондайн, А.И.Кайряк, А.В.Лекуров, Ш.А.Бойда, В.С.Сиваев, В.Д.Слюсарев, Э.К.Махнач, П.Л.Петренко, Г.В.Канев, Б.З.Иткин, С.В.Мяскин, В.С.Куликов, А.В.Синицын, Л.Н.Ермолаева, М.Н.Химка, А.И.Зудин, В.И.Кислов, А.В.Федюк, С.А.Морозов, М.Г.Попов и другие. Значительный объем геофизических работ с последующей интерпретацией выполнялся Г.А.Поротовой, М.С.Сипаровой, В.Д.Мироновым, И.А.Хоревым, В.А.Бодой, С.А.Анкудиновым, Н.Н.Болгурцевым, Г.П.Варгиним, Г.И.Сухолетовой и другими. Вопросы геологии, петрографии, формационного анализа, металлогении рассматривались в работах В.Д.Слюсарева, В.С.Куликова, А.И.Богачева, А.В.Синицына.

В геологическом строении региона выделяется 4 структурных этапа: 1) саамский, развитый в Беломорском и Водлозерском блоках и представленный гнейсами, гранито-гнейсами и амфиболитами; 2) лопийский (Канно-Водозерский, Сумозерско-Кенозерский и Маткислахтинский зеленокаменные пояса), сложенный осадочно-вулканогенными образованиями ультраосновного-основного состава, реже кислого и, крайне редко, среднего; 3) карельский, разделенный на три структурных яруса: сулийско-сарношійский (вулканогенно-осадочные породы основного-среднего состава), ятулийский (осадочно-вулканогенные породы основного состава), суйсарский (преимущественно вулканиты основного-ультраосновного состава); 4) пандско-фанерозойский, представленный осадочными красноватыми породами.

Плутоническая фация характеризуется в саамском этапе тоналитами, диоритами, кварцевыми диоритами; в лопийском - ультрамафитами дунит-гарцбургитовой и перидотит(верлит)-пироксенит-габбровой фации, слабо дифференцированными габброидами, а также диоритами, плагиогранитами, плагиомикроклиновыми гранитами, лейкогранитами, пегматитами мусковит-редкометалльного типа; в карельском - габброидами

и перидотиталы, а также дайками пироксенит-габбро-норитового состава и расслоенными интрузиями (Монастирская, Бураковская, Савинская). Вэндско-фанерозойский магматизм не изучался.

Лопийский структурный этаж, являющийся объектом данных исследований, сложен породами, характерными для архейских зеленокаменных поясов докембрия. Ранее (Перевозчикова, 1963, Пакуров, 1972, Слюсарев, Куликов, 1973, Смирнов, 1983) эти породы в основном относились к тунгудско-надвоишской серии протерозоя. Основанием для пересмотра послужили следующие данные: 1. Геологический разрез осадочно-вулканогенной толщи по своему строению и петрохимическому составу пород соответствует в общих чертах верхнеархейским образованиям стратотипических разрезов Центральной Карелии и не обнаруживает сходства с сумийско-сарниольскими комплексами. 2. Вулканиты прорываются плагиомикроклиновыми гранитами в районе оз. Конхозера, являющиеся аналогом(?) Карташовского массива Центральной Карелии и имеющего возраст более 2.6 млрд. лет. Эти же вулканиты прорываются многочисленными жилами риолитов, риоддитов и интрузиями плагиогранитов, возраст которых в Центральной Карелии определится в 2.7 млрд. лет, а в Кално-Винозерском зеленокаменном поле - в 2.9 млрд. лет (устное сообщение С.Б. Лобач-Жученко, 1983 г.). Радиогеохимический возраст амфиболитов района Коросозера составляет 2.9 млрд. лет (К/Аг метод, Богачев и др., 1968), что подтверждается и работами автора совместно с Л.П. Свириденко в районе оз. Монастирского (среднее течение р. Илекен), где закартированные коснолиты амфиболитов среди blastsмилонитов по гранитам, проработанным плагиомикроклиновыми и пегматоидными гранитами, имеют возраст по биотиту 2850 ± 40 млн. лет, а по амфиболу - 2860 ± 60 млн. лет (К/Аг метод, данные М.М. Араколянца, 1982 г.). 3. Структурный план рассматриваемых образований характерен для лопи Центральной и Западной Карелии. Структуры протерозоя (сумия, сариолия, ятулия) в районе имеют ярко выраженный наложенный характер и резко отличается от структур нижележащей вулканогенной толщи.

ГЛАВА 2. ОСНОВНЫЕ ЧЕРТЫ АРХЕЙСКИХ ЗЕЛЕНОКАМЕННЫХ ПОЯСОВ

Понятие "зеленокаменный пояс", имея в настоящее время характер термина свободного пользования, приобретает, однако, по данным петрографических исследований, определенные черты.

Зеленокаменные пояса - реликты осадочно-вулканогенных и plutonических мафит-ультрамафитовых образований, наблюдаемые на современном эрозионном срезе и сохранившиеся после процессов гранитооб-

разования. Геологическое строение зеленокаменных поясов различных регионов свидетельствует о разнообразии тектонических условий их образования, обусловленных особенностями формирования протокры. В настоящее время нет единства во взглядах на зеленокаменные пояса как на единые крупные тектонические структуры (эвгеосинклинали-?, рифты-?, островные дуги-?). Зеленокаменные пояса характерны для определенной стадии эволюции литосферы в интервале 3500-2600 млн. лет.

ГЛАВА 3. ГЕОЛОГИЯ ЗЕЛЕНОКАМЕННЫХ ПОЯСОВ ЮГО-ВОСТОЧНОЙ ОКРАИНЫ БАЛТИЙСКОГО ШИТА

Анализ геологических, геофизических данных и геоморфологические построения свидетельствуют, что все геологические события на ЮВ окраине Балтийского щита связаны со становлением Водлозерского блока, вокруг которого в настоящее время выделены с севера, северо-востока и востока Южно-Выгозерский, Сумозерско-Кенозерский и Маткалахтинский зеленокаменные пояса, а с запада - Сегозерско-Водлозерский. К югу от Онежского озера выявлены крупные зоны магнитных аномалий субширотного простирания (возможно, зеленокаменные пояса).

Среди лопинских образований с некоторой долей условности выделяются три толщи: нижняя - осадочно-вулканогенная (миндалекаменные базальты, перидотитовые коматиты, туфы, песчаники, железокремнистые и углеродсодержащие сланцы); средняя - преимущественно вулканогенная (шаровые, массивные и миндалекаменные базальты); верхняя - филлиты, филлитовые углеродсодержащие, колчеданосные кварц-хлоритовые, кварц-серпичитовые и другие сланцы, кислые метавулканиты(?), туфопесчаники и туфосланцы, подушечные и миндалекаменные базальты.

Объем супракрустальных образований меняется в зеленокаменных поясах по латерали и определяется особенностями строения отдельных синформ внутри них. Так, Сумозерско-Кенозерский пояс, протягивался в виде двух ветвей от оз. Сумозера на северо-западе до оз. Кенозера на юго-востоке на расстояние более 300 км, состоит из ряда сстрепженных и переходящих друг в друга структур: Коросозерской, Пулозерской, Каменноозерской, Сенозерской, Оловозерской, Монастырской, Янгорской, Токлинской, Волошовской, Козозерской, Винельской (Кулцков, Куликова, 1979). Промежутки между ними представлены массивами гранитоидов: Пунозерскими, Хизозерскими, Алексинскими, Шидлозерскими, Сондальскими. Южно-Выгозерский пояс протягивается в субмеридиональном направлении от юго-восточного берега оз. Выгозера в сторону Онежского озера, состоит из двух структур: Шилосской и Рибозерской.

Латеральная изменчивость от структуры к структуре отмечается с запада на восток. В Южно-Выгозерском зеленокаменном поясе пре-

обладают подушечные базальты, прослеживающиеся с перерывами за счет массивов гранитоидов до оз. Светлого и верховьев р. Вожлы в центральной части Сулозерско-Кенозерского пояса. Далее на восток, начиная с Сенегозерской структуры, объем их сокращается и становится минимальным в Кожозерской структуре. В этом же направлении увеличивается объем вулканогенно-осадочного материала, причем наибольшие его мощности характерны для центральной части Каменноозерской структуры, а небольшие - для Токшинской и Кожозерской.

Перидотитовые коматииты наиболее изучены в Каменноозерской и Токшинской структурах, предполагается их наличие в Рыбозерской и Шилосской, пироксенитовые коматииты выявлены фрагментарно в Шилосской и Оловозерской. Базальтовые(?) коматииты образуют единую толщу с оливиновыми и толеитовыми базальтами и наиболее распространены в Шилосской структуре.

Ультрамафиты плутонической фации изучены в Каменноозерской структуре, в меньшей степени - в Токшинской, Рыбозерской, Шилосской и Оловозерской. Габброиды наиболее широко проявлены в Шилосской структуре, в остальных в связи с плохой обнаженностью имеются крайне скудные данные об их геологическом положении.

Гранитоиды меняют свой состав с востока на запад. В Кожозерской, Сенегозерской и Токшинской структурах преобладают диориты и кварцевые диориты, насыщенные жилами плаггиомикроклиновых и пегматоидных гранитов и участками микроклинизированных. Наиболее сложные переходы и взаимоотношения выявленных разновидностей наблюдаются в междуречье Выга и Вожлы (зона сочленения Шилосской и Каменноозерской структур), где в одном массиве представлены сочетания разных типов гранитоидов от диоритов до пегматитов, которые в других структурах наблюдаются только в виде фрагментов.

Гранитоиды Шилосской структуры отличаются более однородным составом и сопровождаются дайками и жилами риолитов, риодацитов, дацитов, андезитов преимущественно по зонам концентрических разломов вокруг массива. В других структурах кислые вулканиды проявлены ограниченно. В Каменноозерской структуре выявлена толща более 500 м нерасчлененных пород кислого состава, среди которых предполагается присутствие кислых туфов и эффузивов(?).

Анализируя характер расположения выделенных толщ, геоморфологические особенности региона, а также космические снимки, автор предполагает наличие на ЮВ окраине щита крупных вулканоструктур. Одна из них - Дексинская - четко выделяется на космических снимках в виде крупной кольцевой структуры с поперечником около 60 км.

На современном эрозионном срезе в центральной части предполагается центр ее по геофизическим данным выделяются слабо положительные магнитные поля, соответствующие, по нашим представлениям и редким обнажениям, породам семейства диоритоидов, проработанным более молодыми гранитоидами. Периферия представлена реликтами осадочно-вулканогенных пород, переслаивающихся с углеродсодержащими, железокремнистыми и другими сланцами и приуроченными к Рыбозерской, южной части Каменноозерской и Сенегозерской структурам.

ГЛАВА 4. ПЕГРОГРАФИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА МАГМАТИЧЕСКИХ ПОРОД

Магматические породы зеленокаменных поясов по совокупности признаков подразделяются на вулканические и плутонические.

Вулканические породы - эффузивы, имеющие необходимые текстурные признаки (спинифекс, подушечные и миндалекаменные текстуры, шлаковые зоны), а также туфогенные породы, тесно перемешающиеся с эффузивами. По вещественному составу среди вулканических пород выделяется 4 группы: ультраосновные, основные и кислые.

В пределах изучаемых зеленокаменных поясов впервые выделены перидотитовые коматииты (Токлинская, Каменноозерская, Рыбозерская, Шлюсская структуры, возможно, Сенегозерская). Пироксенитовые и базальтово-коматииты отмечены в Оловоозерской и Шлюсской структурах.

Ультраосновные вулканииты - перидотитовые коматииты (Куликов, Куликова, 1979, 1980, 1981б, 1981в, 1981д, 1983б, 1983г) образуют хорошо дифференцированные потоки за счет выделения кумулятивной, спинифекс и брекчиевой зон. Зоны спинифекс подразделяются на 4 "слоя", имеющие характерные минеральные и структурные особенности. Чаще встречаются потоки измененных перидотитовых коматиитов с реликтами структур спинифекс. Кумулятивная зона представлена серпентинитами по перидотитам. Реликты первичных минералов не сохраняются. Минеральный состав: серпентин (антигорит-лизардит) - до 90%, рудный (магнетит, ильменит, хромит, лимонит) - до 15%, хлорит - до 10%. Структура измененных пород - перекрещенно-волокнистая в скрещенных николях и гипидиоморфнозернистая - в проходящем свете. Контуры зерен замещенного оливина подчеркиваются рудным, который в интерстициях совместно с апостекловатой массой образует темно-серую не диагностируемую обычными методами породу.

Минералы переходной зоны: серпентины; в проходящем свете реликты вафельобразных пакетов "оливиновых" пластин, форма которых

меняется ступенчатой с ядром из раскристаллизованного стекла до копьевидной и изометричной гексагональной. В скрещенных николях структура опинифекс подчеркивается рудным, развитым по граням пластин, а преобладают характерные для серпентинитов структуры: перекрещенно-, продольно- и поперечноволоконистые. Серпентин - антигорит, реже лизардит. Редко развит тремолит(?) по пироксену, хлорит, магнетит.

В зоне "спинифекс" пластинообразные кристаллы "оливина", всегда замещенного серпентином, собраны в различные по форме и размерам пакеты. На концах кристаллов и боковых гранях "оливина" наблюдаются копьеобразные иглы пироксена. Магнетит развит вдоль граней внутри "оливиновых" пластин, а хромит образует дендритовидные решетки. Минеральный состав: серпентин (антигорит-лизардит) - 55-60%, актинолит-тремолит по пироксену(?) - до 40%, реликты авгита(?) - до 10%, рудный (магнетит-хромит) - до 10%. Ближе к поверхности потока размеры пластин увеличиваются, достигая длины 55 см и толщины 1-1.5 мм. В оаом веру зоны спинифекс характерна неоднородная порода, что обусловлено присутствием как идиоморфных зерен, так и пакетов пластин. В современном составе развиты исключительно вторичные минералы: серпентин - 60%, тремолит - до 20%, рудный до 10%, хлорит - около 10%. В брекчевой зоне микроскопически установлен только антигорит-лизардитовый серпентинит. Часто внутри потока встречаются тонкие прожилки хризотил-асбеста.

В зонах разломов ультрамафиты превращены в серпентин-карбонатные, кремнисто-карбонатные или железисто-карбонатные листвени-ты. Главные минералы: доломит, магнезит, кальцит - в сумме до 60%, анкерит - до 8%, брейнерит - ед.з. Изредка наблюдаются реликты структур спинифекс, но пластины выполнены карбонатным материалом, а текстурный рисунок напоминает птичьи следы на песке.

Миндалекаменные базальты. Минеральный состав: актинолит (иногда кумлингтонит) - 50-55%, альбит - 30%, клиноцоизит - 50%, кварц - 5-10%. В основной ткани: хлорит (пеннин), реже биотит, серицит. Структура blastsomilonitovaya, porfirgranoblastovaya, heterogranoblastovaya, blastsomifitovaya с реликтами офитовой и диабазовой. В зонах крупных тектонических нарушений таблички актинолита раздавлены, цоизит деформирован, по сланцеватости развит хлорит, а по нему - биотит. Альбит в виде мелких кристаллов выполняет "слойки" между полосами эпидот-актинолит-хлоритового состава. Акцессорные: сфен, лейкоксен, вльменит, серицит.

Базальты с полудечной текстурой довольно часто деформирова-

ни и смяты в складки. В зонах расланцевания подушки приобретают вид будин, а междушучечное пространство значительно увеличивается по объему. Минеральный состав: амфибол (актинолит), альбит, эпидот, серпичит, хлорит, лейкоксен, рудный. В межшаровом пространстве встречается углеродистое вещество как в прожилках, так и в виде отдельных скоплений. Структура породы нематогранобластовая, гранобластовая, иногда с реликтами бластоофитовой.

Массивные базальты встречаются в виде самостоятельных потоков, но чаще слагают центральные зоны миндалекаменных и подушечных разновидностей. По вещественному составу они соответствуют вышеописанным породам.

Цитрокластические породы основного состава играют подчиненную роль в разрезе и часто сильно изменены. Развита в Шлюсской и в Сеногозерской структурах. В последней горизонты метаморфизованных пород с четкой ритмичностью развиты среди подушечных базальтов в виде существенно амфиболовых, гранат-амфиболовых и плагио-амфиболовых сланцев. Минеральный состав: альбит, актинолит, грюнерит, хлорит, бесцветная слюда, кварц, гранат (альмандин-спессартиново-го ряда), апатит, турмалин, магнетит, сульфиды, хлоритонд.

Кислые и средние породы образуют единый дайковый комплекс вокруг массива платиогранитов в Шлюсской структуре.

Средние породы имеют ограниченное развитие и представлены жилами андезитов - светло-зеленых в свежем изломе пород с порфирированной структурой. Фенокристы представлены амфиболом (по авгиту -?) и редкими кристаллами эпидотизированного плагиоклаза. Минеральный состав: плагиоклаз - 75-80%, амфибол - 10-15%, кварц - до 10%, альбит, ортоклаз.

Кислые породы (дациты, риодациты, риолиты), голубовато-серые, серые, зеленовато-серые, представлены порфирированными разностями с микрогранобластовой и фельзитовой структурой основной массы. Порфирированные вкрапления - хорошо сохранившиеся ромбики полевого шпата (I, 2-2 мм), часто соскритизированные. Минеральный состав изменяется от дацитов до риолитов за счет возрастания содержания порфирированных выделений кварца. По данным минералогического анализа в риолитах присутствуют: циркон, сфен, апатит, рутил, шеелит, анатаз, гранат (альмандин?), роговая обманка, актинолит, биотит, хлорит, ди-стен, карбонат, сульфиды, магнетит, флюорит.

Плутонические породы образуют массивы ультрамафитов с признаками глубокой кристаллизации, тела дифференцированных габброидов, дайки габбро-диабазов, а также крупные и мел-

кие интрузии разнообразных гранитоидов.

Ультраосновные породы. Главенствующую роль в строении массивов играют серпентиниты по дунитам и гарцбургитам, а также метаверлиты, амфиболовые перидотиты, метапироксениты, которые постепенно переходят в оливиновые пироксениты. Среди серпентинитов выделяются лизардитовые, хризотил-лизардитовые, хризотилловые, антигоритовые, антигорит-лизардитовые, лизардит-хризотил-антигоритовые типы. Рудный представлен сульфидами, магнетитом, хромитом.

Основные породы образуют дифференцированные интрузии габброидов, в которых основание сложено амфиболитами по пироксенитам, к всяческому боку сменяющимися мелкозернистыми разновидностями, затем среднезернистыми лейкократовыми габброидами со шширами габбро-пегматитов. Дайковый комплекс представлен габбро-диабазами.

Кислые и средние породы. Выделяется три группы: 1) древнейшие гранитоиды краевой части Водлозерского блока и реоморфизованного основания среди гранитоидных массивов; 2) гранитоиды вулканоплутонической Шилосской структуры; 3) поздние граниты (от плагиомикроклиновых до лейкократовых субщелочных).

1. В краевой части блока (район озера Монастырского, верхняя рр. Филимоновки и Выга, среднее и верхнее течение р. Подломки) гранитоиды образуют нерасчлененный комплекс. Породы серого, иногда серовато-красного цвета, в значительной степени насыщенные жилами плагиомикроклиновых гранитов. Минеральный состав субстрата непостоянный: плагиоклаз (альбит) - 65-70%, амфибол (роговая обманка) - 10-15%, кварц (2 генерации) - 5%, биотит - до 10%. Плагиомикроклиновые граниты: ортоклаз, кварц, биотит, микроклин (2 генерации).

2. Центральная зона вулканоплутонических гранитоидов Шилосской структуры сложена лейкократовыми разновидностями плагиогранитов, периферийная - диоритами за счет ассимиляции вмещающих пород. Минеральный состав: плагиоклаз - 55-60%, кварц - 25-30, эпидот - 5-10%, хлорит - 5-7%, серицит - 1-3%, карбонат, иногда - биотит и актинолит. В краевых зонах содержание темноцветных достигает 30%, а кварца уменьшается до 15%. По зонам расщепления развиты эпидот, соскрит, серицит, наиболее поздние - хлорит и эпидот.

3. Пестрый комплекс поздних гранитоидов наиболее широко проявлен в центральной части Сумозерско-Кенозерского зеленокаменного пояса. Это лейкократовые крупнозернистые гранитоиды, состоящие из плагиоклаза, микроклина, кварца, мусковита и аксессуарных: циркон;

сфена, апатита, граната, пирита, рутила, турмалина. Они тесно ассоциируются с жилами пегматитов различной формы и мощности, представленных несколькими фазами. Пегматиты имеют микроклиновый состав и бедны кварцем, содержат мусковит (особенно крупные дифференцированные жилы), а также альбит, который в ряде случаев приобретает роль типоморфного минерала. Акцессорные: молибденит, флюорит, сульфиды, цирколит, апатит, ганит, висмутин, танталит-колумбит, ортит, гранат, турмалин.

ГЛАВА 5. ПЕТРО-ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ МАГМАТИЧЕСКИХ ПОРОД

В магматических породах архейских зеленокаменных поясов КВ окраины Балтийского щита практически полностью отсутствуют первичные минералы. Поэтому все представления о вещественном составе первичных пород основываются на данных петрохимии и геохимии, хотя единого мнения о правомерности прямой петрохимической корреляции с неизменными неметаморфизованными аналогами нет. Предполагается, что в условиях регионального метаморфизма зеленосланцевой фации химический состав исходных пород сохраняется, а перекристаллизация пород происходит в условиях, близких изохимическим. Но при всем этом автором были использованы химические анализы пород, макроскопически наименее измененных процессами метасоматоза, в остальных случаях (участки развития эпидот-амфиболитовой фации, гидротермальной проработки и т.д.) анализы отбраковывались.

Каждый класс пород охарактеризован рядом петрохимических коэффициентов; их соотношения между собой и с главными компонентами позволяют выделить основные черты изучаемых пород. Главными компонентами для основных-ультраосновных пород обеих фаций являются: MgO , TiO_2 , Al_2O_3 , FeO (суммарное), а также Cr и Ni , наиболее показательными коэффициентами;

$$f' = \frac{Al_2O_3}{FeO+MgO}, \quad f = \frac{FeO}{FeO+MgO}$$

$$F = \frac{MgO \text{ (мол. \%)} \cdot Al_2O_3}{M \cdot FeO + 2FeO_3 + MnO + NiO \text{ (мол. \%)}}, \quad A = Al_2O_3 + CaO + Na_2O + K_2O, \quad S = SiO_2 - (FeO + MgO + MnO + TiO_2).$$

Гранитоиды и жилы вулканиты охарактеризованы соотношениями: сумма щелочей - кремнезем, коэффициент глиноземистости - отношение суммарного железа к магнию, а также окись марганца - кремнезем.

Вулканические породы петрохимически очень четко подразделяются на ультраосновные, основные и кислые. Средние породы развиты крайне ограниченно. Кислые вулканиты рассматриваются совместно с гранитоидами. Основное внимание уделялось исследова-

нию ультраосновных-основных метавулканитов, среди которых по химическому составу выделяются перидотитовые и в меньшем объеме пироксенитовые коматиты, а также базальты, часть которых может быть отнесена к базальтовым коматитам (Аридт и др., 1977), тесно ассоциирующиеся с толеитовыми и оливиновыми базальтами.

Перидотитовые коматиты. По соотношению суммы щелочей и кремнезема, коэффициента глиноземистости и кремнезема они относятся к крайне низкощелочным и низкоглиноземистым породам с содержанием SiO_2 менее 43%. Основными компонентами, характеризующими перидотитовые коматиты, являются TiO_2 , Al_2O_3 , MgO , CaO , FeO (суммарное). По соотношению глинозема и окиси титана, а также оксидов магния и титана среди перидотитовых коматитов выделяется две разновидности: недосищенные алюминием ($Al_2O_3/Fe_2O_3 = II$) (Шилосская и Токминская структуры) и насыщенные ($Al_2O_3/Fe_2O_3 = 20$) (Каменноозерская), положение которых на соответствующих диаграммах полностью совпадает с распределением этих компонентов в углестых хондритах. Первая группа коматитов соответствует таковой в Барбертонском зеленокаменном поясе (Ю. Африка), а вторая - австрало-канадским. В потоках перидотитовых коматитов хром приурочен к зоне перехода от спинифексной к кумулятивной, а никель - к подошве потока. Соотношение окиси титана и фосфора в перидотитовых коматитах Каменноозерской, Токминской и Шилосской структур соответственно - 5, 7, 6, а окиси титана и ванадия - 5, 15, 11. Намечается почти линейная обратная зависимость nd и cr . По отношению $г/и$ перидотитовые коматиты относятся к ультраферобазитам Н.Д. Соболева (1959) или крайним дифференциатам базальтовой маффы А.А. Заварицкого (1955). По соотношению $f - SiO_2$ зона спинифекс перидотитовых коматитов Каменноозерской структуры соответствует среднему химическому составу Каменноозерской интрузии лерцолитов (Слесарев, Куликов, 1970). В измененных коматитах закономерности явно нарушены, особенно в зонах лиственизации.

Базальты включают в себя большой коллектив оливиновых и толеитовых базальтов, а также пироксенитовых и базальтовых коматитов, правомочность выделения которых еще требует обоснованных доказательств. Это низкощелочные нормальные базальты пониженной глиноземистости, относящиеся к натровой серии. Средние значения кремнезема составляют 49-50%, коэффициента железистости - 0.55, коэффициента глиноземистости - 0.5, отношение щелочей - 7. Высокоглиноземистые базальты встречаются крайне редко. Намечается определенная

обогатенность базальтов кремнеземом, щелочами, глиноземом, окисью железа вблизи гранитоидных массивов (Сенегозерская структура).

Для установления петрохимической корреляции перидотитовых коматитов и базальтов зеленокаменных поясов была использована диаграмма А - S (Дмитриев и др., 1972), где поля перидотитовых коматитов с некоторым отрывом от основных пород (от пироксенитовых коматитов до базальтов) образуют единую ветвь, вероятно, отражающую направленность в формировании магматических расплавов.

Геохимические особенности вулканитов подчеркиваются наиболее информативной группой элементов: хром, никель, кобальт, медь, цинк, марганец, скандий.

Плутонические породы. Ультраосновные породы относятся к высокомагнезиальным, малотитанистым и низкощелочным породам с толеитовой направленностью дифференциации (Слюсарев, Куликов, 1973 и др.). Для ряда интрузий намечается известково-щелочная дифференциация. Анализ соотношения коэффициента железистости - кремнезема показывает следующую закономерность. Дифференциаты Вожгинского массива образуют единый тренд от аподунитовых до аповерлитовых серпентинитов. Среднее значение железистости по интрузии в целом однозначно со средним перидотитов Лебяжинской интрузии. Интрузии Токшинской и Каменноозерской структур (соответственно Волоцкая-Винельская и Светлоозерская), совпадающие с составами дифференциатов коматитовых потоков, образуют свой тренд, из которого следует, что "средняя" железистость этих интрузий близка по значению кумулятивной зоне перидотитовых коматитов. Точка пересечения этих трендов соответствует содержанию кремнезема и значению железистости как гигантозернистой зоны спинифекс коматитов, так и данным средних значений уже названной Колозерской интрузии, представленной лерцолитами-верлитами и характеризующейся малой изменчивостью. Выявленная направленность подтверждается также диаграммой А - S. Геохимия плутонических ультраосновных пород свидетельствует о наличии двух антогонистических групп элементов: магния+никеля+хрома и титана. В зонах гидротермальной проработки содержания кобальта и никеля резко снижаются, но увеличиваются содержания хрома, цинка, меди, появляются редкоземельные элементы, а также мышьяк, сурьма и барий.

Основные породы находятся на стадии изучения. По соотношению магния-никеля-хрома в дифференцированных интрузиях и базальтах можно предполагать их коматитичность. Титан+ванадий+медь определяют рудную направленность габброидов, обильно содержащих наложен-

ный ильменит и титаномагнетит.

Таким образом, как вулканические, так и плутонические породы образовались, вероятно, в едином тектономагматическом цикле. Доказательством тому могут служить:

1) ультраосновные вулканиты по петрохимическим особенностям близки или полностью совпадают по ряду показателей с интрузивной фаццией (Светлоозерская, Волоцкая-Зинельская интрузии);

2) интрузии Воллинская, Лебяжиянская (Кумбуксинская) и другие являются продуктами единого с коматитами магматического очага, на что указывают их общие геологические особенности и петрохимические характеристики;

3) тренды, полученные на диаграммах TiO_2/Al_2O_3 , Al_2O_3/TiO_2-SO_2 , др., свидетельствуют о сходстве составов ультраосновных пород зеленокаменных поясов ЮВ окраины Балтийского щита с таковыми же породами Австралии и Ю. Африки, а также близки средним значениям углестых хондритов;

4) основные метавулканиты нижней и верхней частей разрезов образуют единое поле с некоторыми вариациями для миндалекаменных и подушечных базальтов.

К и с л н е породы на диаграммах соотношения суммы щелочей и кремнезема распались на два отдельных тренда: 1) кварцевые диориты - граниты - субщелочные (?) граниты, 2) гниодиориты - тоналиты - низкощелочные граниты (коматитами их являются низкощелочные субвулканические риолиты и риодациты). Первый тренд образован гранитоидами окраины Водлозерского блока, Водлозерского массива (Колозерская структура), массивами Лексинской вулкано-структуры, гранитами Сенегозерской структуры, а второй - гранитоидами Шилосского массива (краевых частей, ядра и жильной фацции). Для обоих трендов общим явилось поле с содержанием кремнезема 67-69% и суммы щелочей - 6%. По глиноземистости породы однообразны. Максимальная глиноземистость характерна для субщелочных лейкогранитов Сенегозерской, а также риолитов Шилосской структур. В гранитоидах Шилосского массива и кислых вулканитах содержание окиси марганца уменьшается от андезитов до риолитов при обратном его соотношении с содержанием кремнезема. Описываемые породы близки лильореченским гранитоидам Центральной Карелии, а их общий тренд с субвулканической фаццией совпадает с трендом лильореченско-сунских гранитоидов (Геология..., 1978). По железистости все именованные разновидности попадают в поле гранитоидов толейтовой серии и здесь распадаются на четыре самостоятельных ветви, вероятно, отражающих

как их составы, так и условия формирования. Геохимические особенности гранитоидов еще находятся на стадии изучения, но следует отметить, что данные по субщелочным(?) лейкогранитам свидетельствуют об их связи с пегматитами выделенной нами (Куликков и др., 1981) мусковит-редкометалльной формации. Они так же, как и пегматиты, отличаются повышенным против кларка содержанием лантана и ниобия, а также лития, рубидия и цезия.

ГЛАВА 6. МАГМАТИЧЕСКИЕ ФОРМАЦИИ ЗЕЛЕНОКАМЕННЫХ ПОЯСОВ КВ ОКРАИНЫ БАЛТИЙСКОГО ПИТА

Магматические породы, описанные в предыдущих главах, объединяются в магматические формации - "совокупность структурно-территориально-сопряженных, близких по возрасту магматических пород с общими чертами вещественного состава, которые обусловлены общностью происхождения из единого магматического очага в процессе развития определенного этапа тектоногенеза" (Геологические формации, 1982). Среди архейских образований региона выделяются следующие формации с примерной долей их среди магматитов: коматитит-базальтовая (15%), дунит-гарцоургитовая (1%), перидотит (верлит)-широксенит-габбровая (менее 0.5%), толеит-базальтовая и габбровая (30%), андезит-базальтовая (до 1%), андезит-дацит-риолит-плаггиогранитовая (15%), диорит-плаггиогранитовая (25%), гранитовая (15%). Формации образуют латеральный и временной ряды, обусловленные эволюцией магматических процессов, протекавших в архее на КВ окраине Балтийского пита. Толеит-базальтовая формация латерально прослеживается повсеместно, в вертикальном ряду в Шлюсской, Рыбозерской, Каменноозерской, Оловоозерской и Токшинской структурах и разделяется на два уровня - в основании разреза и в верхней его части - за счет появления внутри нее коматитит-базальтовой формации. В состав формации входят толеитовые базальты, реже туфы и туффиты, ограниченно-осадочные образования. Вулканиты в виде потоков и покровов по простиранию совпадают с общим направлением поясов. Вероятен трещинный тип излияний. Коматитит-базальтовая формация имеет ограниченное развитие по латерали (скорее всего не везде выявлена). Наиболее хорошо она изучена в Каменноозерской и хуже - в Токшинской структурах. В состав формации входят толеитовые базальты, оливиновые толеиты, перидотитовые и пироксенитовые, а также базальтовые коматититы. Слагание смелли (?), штоки и покровы вулканитов формации локализуются вблизи мантийных разломов. Кроме трещинного возможно излияние центрального типа. Габбровая формация изучена слабо. К ней отнесены мезо-, лейко-меланократовые габбро, габбро-диабазы, которые слагают

силлы, штоки и грубодискордантные тела, локализуемые в зонах мантийных разломов. Дунит-гарцбургитовая формация развита в Каменноозерской, Сенегозерской, Оловозерской и Токшинской структурах. Вопрос о ее присутствии в Рыбозерской и Шилосской структурах остается открытым, а в Кожозерской ультрамафиты плутонической фации в настоящее время не расчленены на архейские и нижнепротерозойские. В состав формации входят гарцбургиты, дуниты, перидотиты, верлиты, амфиболовые перидотиты, пироксениты, продукты их переработки в результате метаморфизма - родингиты, вторичные пироксениты. Породы слагают трубообразные тела, штоки, пластовые тела и повсеместно приурочены к зонам мантийных (?) разломов. Предполагается генетическая связь пород этой формации с перидотитовыми коматиитами. Перидотит(верлит)-пироксенит-габбровая формация выделена в Каменноозерской структуре, где одна грубоконформная дайка, приуроченная к секущему северо-восточному разлому, содержит рудную залежь медно-никелевых руд. В состав дайки входит пироксениты, амфиболовые перидотиты, габбро, микрогаббро. Существует мнение, что это апофиза Волгинского массива перидотитов. Анвезит-дацит-биолит-плаггиогранитовая (вулканоплутоническая) формация выделена в двух структурах (Шилосской и Каменноозерской). Она представлена интрузиями плаггиогранитов, куполообразно залегающих среди основных вулканистов и окруженных роями даек и жил кислого состава. Геологические наблюдения свидетельствуют о постепенных переходах гранитоидов в кислые вулканисты в эндоконтактах интрузии. Диорит-плаггиогранитовая формация развита по периферии зеленокаменных поясов вдоль окраины Водлозерского блока, а также наблюдается на площади к северо-востоку от оз. Монастырского (Шилозерский массив), что, возможно, свидетельствует о продолжении блока в сторону оз. Кожозера. В ее состав входят гранодиориты, кварцевые диориты, плаггиограниты. Граниты, лейкократовые субщелочные граниты и сопровождающие их пегматиты условно могут быть выделены в гранитовую формацию, которая находится на стадии изучения.

Эволюция магматизма архейских зеленокаменных поясов ЮВ окраины Балтийского щита может быть представлена на основании анализа латерального и временного рядов магматических формаций, образующихся последовательно в ходе поступательного развития как зеленокаменных поясов в целом, так и составляющих их отдельных геологических структур. Латеральный ряд объединяет формации, возникающие синхронно в смежных разнотипных структурах (структурно-формационных зонах), отражая проявление определенного импульса магматической

деятельности в разной тектонической обстановке. Пространственное расположение выделенных магматических формаций в зеленокаменных поясах региона и их положение относительно "жесткого" Водлозерского блока свидетельствуют, что максимальная магматическая активность проявилась в зоне сочленения блока (жесткой глыбы-?, материка-?) и вулканически активной зоны (зеленокаменного пояса-?). Здесь возникли крупные вулканоструктуры с широким развитием практически всех выделенных магматических формаций, в том числе максимальными в своем объеме коматит-базальтовой, дунит-гарцбургитовой, диорит-плагногранитовой и гранитовой. Газит-ультрабазитовые интрузии занимают строго фиксированное положение относительно блока: наиболее удалены слабые дифференцированные интрузии габброидов, дайки габбро-диабазов занимают промежуточное положение, а ультраосновные интрузии располагаются в непосредственной близости от него. По мере удаления от блока господствующими формациями становятся толент-базальтовая и андзит-дацит-риолит-плагногранитовая.

Как свидетельствуют геологические данные (таблица), на ранних этапах внутри вулканически активных зон формируются ультрамафит-мафитовые формации, в том числе вулканические: толент-базальтовая, коматит-базальтовая; plutonические: дунит-гарцбургитовая, габбровая, перидотит (вермит)-широксенит-габбровая. Толент-базальтовая формация имеет сквозной характер развития практически в течение всей стадии тектогенеза. Коматит-базальтовая характерна для ранних фаз (этапов), но не первоначальных, а с некоторым отставанием от уже формирующейся толент-базальтовой. Наличие двух типов перидотитовых коматитов (хондритовых и не-хондритовых) в разных структурах может свидетельствовать о существовании двух фаз коматитового магматизма. Андзит-дацит-риолит-плагногранитовая формация является наиболее поздней, т.к. составляющие ее породы прорывают все выше-названные формации, но время начала ее формирования остается пока проблематичным. По предварительным данным (устное сообщение С.Б. Лобач-Жученко), возраст наиболее поздних риолитов составляет 2900 млн. лет, т.е. формирование ее к этому времени практически завершилось. Диорит-плагногранитовая и гранитовая формации, приуроченные к наиболее активным зонам формировались вплоть до 2850 млн. лет, а на крайнем северо-западе региона до 2600 млн. лет.

Главной особенностью эволюции магматизма в верхнем архее на юго-восточной окраине Балтийского щита следует считать его направленный гомодромный характер, несмотря на сложность и многоэтапность всего процесса. Отсутствие достоверных базальных горизонтов

Таблица I

Распространенность магматических формаций ЮВ окраины Балтийского щита в верхнем архее

Формации и типичные для них горные породы	Время развития зеленонаменных поясов и распространенность формаций							
	3300	3200	3100	3000	2900	2800	2700	2600
<u>Толзит-базальтовая</u>								
толзитовые базальты								=====?
оливиновые базальты								=====
<u>Габбровая</u>								
габбро: слабодифференцированные лейкократовые								=====?
габбро-диабазы								=====?
<u>Коматиит-базальтовая</u>								
толзитовые базальты, базальтовые и пироксенитовые коматииты, перидотитовые коматииты								=====?
<u>Дунит-гармбургитовая</u>								
дуниты, гармбургиты, вермиты								=====?
<u>Перидотит (вермит)-пироксенит-габбровая</u>								
								=====?
<u>Анорит-пангит-диорит-плагиоклазитовая</u>								
вулканиты								=====?
плагмограниты								=====?
<u>Диорит-плагмогранитовая</u>								
								=====?
<u>Гранитовая</u>								
гранитоиды								=====?
пегматиты								=====?

лопия на Балтийском щите не позволяет однозначно оценить характер вулканизма в начальные этапы верхнего архея, его продолжительность и состав нижнеархейской коры, но всесторонний анализ магматических формаций свидетельствует, что:

1) по своим главным петрохимическим характеристикам толеитовые базальты нижних частей разрезов соответствуют толеитовым базальтам современных морфоструктур океанического ложа (в частности базальтам окраинных энзиматических морей), в то время как толеитовые базальты, завершающие разрезы - только основным вулканизмам современных островных дуг;

2) породы толеит-базальтовой и андезит-дацит-риолит-элагио-гранитовой формаций, находясь в тесной ассоциации в пространстве и времени, вероятно, образуют бимодальную серию, близкую по объемам и составу вулканических пород (базальтов - 85%, андезитов, дацитов - 3%, риолитов - 12%) бимодальным сериям Камчатки и Исландии, но поскольку среди базальтов до 60% объема составляют пироксенитоносные и базальтовые коматиты, исходным расплавом, вероятно, служил не андезитовый, как для современных серий, а, по меньшей мере, базальтовый расплав;

3) породы коматит-базальтовой, дунит-гардбургитовой и, вероятно, перидотит (верлит)-пироксенит-габбровой формации формировались из одной магмы, первичный состав которой может быть определен по составу спинифексной зоны потоков перидотитовых коматитов и по предварительным данным должен соответствовать перидотиту (или пиролиту). Наличие же двух отличных по петрохимическим характеристикам типов перидотитовых коматитов затрудняет однозначное решение проблемы о составе мантийного субстрата, причинах и глубине его плавления, способа проникновения высокотемпературного расплава на поверхность и т.д., и можно только предположить, что различный состав коматитов обусловлен разной степенью плавления палеомантии, своеобразным составом протокры и высоким температурным градиентом при температуре поверхности 200-300°C.

Ограниченный объем средних и кислых эффузивных пород, а также осадочных образований позволяет сделать предположение о неоднородности архейской протокры и ограниченном развитии сланцевой коры на ЮВ окраине Балтийского щита. В то же время в Центральной Карелии (Вулканизм архейских..., 1981) наряду с толеитовыми базальтами в основании разреза присутствуют в значительном объеме андезиты, дациты, терригенные породы, связанные с андезитами, что, вероятно, является достаточно обоснованным предположением о неод-

нородности протокры на всем Балтийском щите и различных условиях формирования магматических формаций в верхнем архее.

ГЛАВА 7. ОСНОВНЫЕ ЧЕРТЫ МЕТАЛЛОГЕНИИ ЗЕЛЕНОКАМЕННЫХ ПОЯСОВ

В последнее десятилетие металлогении юго-восточной окраины Балтийского щита уделяется пристальное внимание. Работами ИГО "Севзапгеология" и "Архангельскгеология", ЗИТ, Института геологии Карельского филиала АН СССР здесь выявлены точки минерализации, рудопроявления и месторождения ряда полезных ископаемых: никеля, хрома, железа, хризотил-асбеста, сурьмы, молибдена, вольфрама, редких и др.

Полученные данные по изучению архейских зеленокаменных поясов региона позволяют по-новому обосновать геолого-структурное положение известных руд проявлений и прогнозировать новые, в том числе неизвестные для региона (никель - в потоках перидотитовых коматитов, медно-порфировые - центральных частях вулканоструктур, вольфрам - в кислых вулканитах, редкие металлы - в пегматитах), но весьма характерные для зеленокаменных поясов мира, расширяя, таким образом, металлогенические перспективы региона.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В диссертации отражены главные результаты исследования:

1. Выделены и геологически обоснованы архейские зеленокаменные пояса на ЮВ окраине Балтийского щита.
2. Установлена гомодрольность в эволюции магматизма, обусловленная направленным и необратимым развитием земной коры в докембрии (от реликтов протоокееантической до мощной силалической), на основании выделения ряда магматических формаций, типовых для всех зеленокаменных поясов мира. Их формирование связано со специфическими эндогенными условиями докембрии и, в первую очередь, неоднородностью протокры, нестабильностью мантии при высоком температурном градиенте верхних слоев Земли.
3. Установлен преимущественно мафитовый состав вулканитов и впервые среди них найдены и изучены перидотитовые (в меньшей степени пироксенитовые и базальтовые) коматиты, даны их петрографические и петрохимические характеристики.
4. Намечена взаимосвязь магматизма и тектоники с металлогеническими особенностями региона.

СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

1. К выделению Сумозерско-Кенозерского зеленокаменного пояса архея на восточной окраине Балтийского щита. В сб.: Геология раннего докембрия Карелии. Петрозаводск, 1979, с. 70-76. Соавтор: В. С. Куликов.
2. Ультраосновные расплавы в докембрии ЮВ части Балтийского щита. Тезисы. Симпозиум "Мантийные коенолиты и проблемы ультраосновных магм". Новосибирск, 1980, с. 27-29. Соавтор: В. С. Куликов.
3. К геологии Сенекозерской структуры на Ветреном Поясе. Опер.-информ. материалы. Петрозаводск, 1981а, с. 13-17. Соавторы: В. С. Куликов, А. И. Зудин.
4. Коматиты докембрия Балтийского щита. Тезисы. VI Всесоюзное петрографическое совещание. Ленинград, 1981б, с. 37-38. Соавторы: В. С. Куликов, С. И. Рыбаков, А. И. Светова.
5. Новые данные об архейских перидотитовых коматитах в Восточной Карелии. ДАН СССР, 259, №3, 1981в, с. 693-697. Соавтор: В. С. Куликов.
6. Реликты архейских вулканоструктур на юго-восточной окраине Балтийского щита. Тезисы. У палеовулканологическое совещание. Киев, 1981г, с. 55-56.
7. Вулканизм архейских зеленокаменных поясов Карелии. Монография. Ленинград, 1981г, 154 с. Соавторы: С. И. Рыбаков, В. С. Куликов, В. Я. Горьковец, М. Б. Раевская, А. И. Светова и др.
8. Метаморфизм базит-ультрабазитовых комплексов архея. Тезисы. Семинар "Минеральные преобразования океанической коры". Владивосток, 1982, с. 33.
9. Особенности рудной геохимической зональности в вулканоструктурах архея ЮВ окраины Балтийского щита. Тезисы. III Всесоюзный семинар по геохимическим методам поисков месторождений полезных ископаемых. т. 2. Москва, 1982, с. 96-97. Соавтор: В. С. Куликов.
10. Геохимические критерии в оценке формационной принадлежности пегматитов ЮВ окраины Балтийского щита. Тезисы. III Всесоюзный семинар по геохимическим методам поисков месторождений полезных ископаемых. т. 5. Москва, 1982, с. 117-119. Соавтор: Г. П. Сафронова.
11. О сводном разрезе раннего докембрия Ветреного Пояса. Опер.-информ. материалы. Петрозаводск, 1982, с. 21-26. Соавтор: В. С. Куликов.
12. Связь магматизма Карелии с глубинным строением и проблемами рудоносности. В сб.: Геология, петрология и корреляция кристаллических комплексов Европейской части СССР. Труды 7 регионального

петрографического совещания. Ленинград, 1982, с.72-82. Соавторы: А.И. Богачев, Л.П. Свириденко, А.И. Голубев и др.

13. Эволюция магматитов архейских зеленокаменных поясов ЮВ окраины Балтийского щита. Тезисы. Семинар "Геологическая петрология. Эволюция магматизма в главнейших структурах Земли". Москва, 1983а, с. 80-81.

14. Коматиты докембрия Балтийского щита. В сб.: Мантийные ксенолиты и проблема ультраосновных магм. Новосибирск, 1983б, с. 121-130. Соавтор: В.С. Куликов.

15. Геохимические критерии в оценке перспектив пегматитоносности Восточной Карелии. Тезисы. IX семинар "Геохимия магматических пород". Москва, 1983в, с. 79-80. Соавтор: Г.П. Сафронова.

16. Главные особенности коматитовой серии на Балтийском щите. Тезисы. Всесоюзный симпозиум "Ультраосновные магмы и металлогения" Владивосток, 1983г, с. 8-10. Соавтор: В.С. Куликов.

17. Characteristics of the geochemical ore zonation in the Archean volcanic structures of the south-eastern margin of the Baltic Shield. Abstracts. 10th International Geochemical Exploration Symposium. 3rd Symposium on Methods of Geochemical Prospecting. Евроо/Helsinki, Finland, 1983д, p.46. Соавтор: В.С. Куликов

18. Коматиты докембрия Балтийского щита. Доклад на VI Всесоюзном петрографическом совещании. Ленинград (в печати). Соавторы: В.С. Куликов, С.И. Рыбаков, А.И. Светова.

19. Особенности рудной геохимической зональности в вулканоструктурах архея ЮВ окраины Балтийского щита. III Всесоюзный семинар по геохимическим методам поисков месторождений полезных ископаемых. Москва, (в печати), Соавтор: В.С. Куликов.

20. Земная кора и металлогения юго-восточной части Балтийского щита. Монография. Ленинград, (в печати). Соавторы: А.И. Богачев; В.Г. Прескуряков, В.Н. Грив, А.И. Кайряк, В.С. Куликов и др.

21. К стратиграфии лопия Каменноозерской структуры Восточного Пояса. Спер.-информ. материалы. Петрозаводск, (в печати). Соавторы: В.С. Куликов, А.В. Федяк, Г.Н. Сухолетова.

22. О гранитоидах Верхнего Выга. Спер.-информ. материалы. Петрозаводск, (в печати). Соавторы: В.И. Иващенко, Г.П. Сафронова, В.С. Куликов.