

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
РСФСР ЛЕНИНГРАДСКИЙ ОРДЕНА ЛЕНИНА И ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО
ЗНАМЕНИ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ А.А. ЖДАНОВА

На правах рукописи

БЕЛЯЕВ Анатолий Михайлович

552.331:550.42+553.45(470.22)

**ГРАНИТОЙДНЫЙ МАГМАТИЗМ ПРИЛАДОЖЬЯ И КАРЕЛЬСКОГО
ПЕРЕШШКА И СВЯЗЬ С НИМ ОЛОВЯННОГО ОРУДЕНЕНИЯ**

Специальность 04.00.08 - петрография, вулканология

АВТОРЕФЕРАТ

Диссертация на соискание ученой степени кандидата
геолого-минералогических наук

Ленинград

1985

ВВЕДЕНИЕ

Работа выполнена на кафедре геологии месторождений полезных ископаемых Ленинградского государственного университета имени

А. А. Жданова

Научный руководитель: доктор геолого-минералогических наук
профессор Н.Ф. Шинкарев

Официальные оппоненты: доктор геолого-минералогических наук
Ф.П. Митрофанов (ИГД АН СССР, Ленинград)
кандидат геолого-минералогических наук
Ю. Г. Кобылянский (ПГО "Севзапгеология" Ленинград)

Ведущее предприятие: Геологический институт Кольского филиала
АН СССР

Защита состоится " " марта 1985 г. в 15 часов в ауд. 52 на заседании специализированного ученого совета К.063.57.03 по присуждению ученой степени кандидата геолого-минералогических наук в Ленинградском ордена Ленина и ордена Трудового Красного знамени государственном университете имени А.А. Жданова (Ленинград, 199164, Университетская наб., д. 7/9).

С диссертацией можно ознакомиться в Научной библиотеке им. А.М. Горького при ЛГУ

Автореферат разослан " " _____ 1985 г.

Ученый секретарь

Специализированного совета

Т.Ф.Семенова

Актуальность темы. Выяснение роли гранитоидного магматизма Приладожья в формировании и распределении различных типов оловянного оруденения представляет собой важную научную задачу, особенно в связи с необходимостью прироста запасов оловянного сырья и обнаружения новых месторождений и рудопроявлений в перспективном и промышленно развитом рудном районе.

Цель и задачи исследований. Современное состояние проблемы о роли гранитоидного магматизма в процессах оловянного рудообразования содержит ряд дискуссионных моментов и, в первую очередь, это касается источников металла рудного вещества месторождений. Цель настоящей работы заключается в том, чтобы уточнить место и сущность рудогенерирующих и рудолокализирующих факторов среди широкого спектра процессов, сопровождающих гранитоидный магматизм, и установить связь этих процессов с конкретными типами оловянного оруденения. В соответствии с этим были сформулированы основные задачи исследований: 1. Выяснить петрологические особенности формирования различных гранитоидных комплексов. 2. Выявить геохимическую специализацию гранитоидов различной формационной принадлежности в отношении олова. 3. Оценить потенциальную рудоносность процессов гранитоидного магматизма и связать их с конкретными типами оловянных рудопроявлений.

Проведенные исследования дают возможность сформулировать следующие основные защищаемые положения:

1. В исследуемом районе, начиная с позднеорогенной (постскладчатой) стадии развития, проявились два этапа гранитоидного магматизма. Первый этап представлен массивами микроклиновых гранитов в Западном Приладожье и на Карельском перешейке, а в Северном Приладожье - пегматоидами и кремне-калиевыми метасоматитами. Ко второму этапу относятся традиционно выделяемые массивы гранитов рапакиви и связанные с ними метасоматические образования типа альбититов и грейзенов.

2. Для этих двух этапов магматизма устанавливается латеральная зональность, выраженная в уменьшении с юго-запада на северо-восток размеров массивов гранитоидов, зернистости пород и сокращении доли амфиболовых разновидностей при одновременном увеличении биотитовых, а также изменении соотношения щелочей: снижение калиевости при увеличении натровости. Такая зональность отражает проявление глубины становления массивов.

3. С первым из указанных этапов гранитоидного магматизма генетически связаны два сопряженных и потенциально оловорудных процесса: пегматитообразование и К-метасоматоз, проявленные, преимущественно, в Северном Приладожье. Для второго этапа потенциально оловорудными являются процессы грейзенизации и альбитизации.

4. С процессами пегматитообразования и К-метасоматоза связано оловянное оруденение в скарнах, а с поздними дифференциатами комплекса рапакиви - в грейзенах.

5. Оловорудные месторождения и рудопроявления приурочены к блокам земной коры, в которых, устанавливается геохимическая специализация на олово разновозрастных магматических и метасоматических образований.

Научная новизна. Петрохимически и геохимически обоснована концепция полихронности оловянного оруденения и выделены потенциально оловорудные процессы, связанные с гранитоидным магматизмом постскладчатого периода. Показана роль этих процессов в формировании оловянного оруденения.

Впервые для Северного Приладожья установлена устойчивая, сквозная геохимическая специализация на олово разновозрастных магматических пород основного и кислого состава, располагающихся в блоках, где локализуется известное оловянное оруденение.

Кроме того, детально изучены центральные части куполовидных структур, получены оригинальные структурные, петрохимические и геохимические данные о породах, слагающих их ядра. Предложена новая модель, объясняющая особенности строения и происхождения куполовидных структур.

Практическая значимость. Установленная взаимосвязь оловянного рудообразования с процессами К-метасоматоза и пегматитообразования значительно расширяет территорию, перспективную для поиска нового оловянного оруденения в пределах Питкярантско-Рускеальской тектонической зоны, Коккосельской и Якимской куполовидных структур. Потенциально оловоносные зоны К-метасоматитов в геохимически специализированных на олово блоках могут быть локализованы методами гамма-спектрометрической съемки или при помощи картирования соответствующего фактора (выделенного методом главных компонент) при литогеохимических исследованиях. Геохимическая специализация на олово разновозрастных магматических пород свидетельствует о высокой вероятности размещения в тех же блоках земной коры рудопроявлений и месторождений олова и также может рассматриваться

как важный геохимический критерий, способствующий целенаправленной постановке поисковых работ на олово, как на Балтийском щите, так и в других регионах со сходной геологической обстановкой.

Фактический материал. Фактическую основу диссертации составили материалы, собранные автором в период с 1971 по 1984 гг. при проведении тематических работ по изучению минералого-геохимической специализации гранитоидов, а также материалы кафедры петрографии ЛГУ. Были изучены: гранитоиды и основные породы куполовидных, структур и их обрамления; синкинематические образования габбро-диорит-плагиогранитовой и диорит-гранодиорит-гранитовой серий, посткинematические калиевые гранитоиды из массивов Западного Приладожья и Карельского перешейка, пегматиты и пегматоидные граниты Северного Приладожья; особенности проявления К-метасоматоза в породах куполовидных структур; посторогенные граниты рапакиви Выборгского и Салминского массивов; рифейские габбро-диабазы и трахидолериты о.Валаам и Хапунварского штока и др. породы. При обработке материала изучено более 2000 шлифов, производились количественные подсчеты минералов в шлифах (более 100), а также количественные подсчеты акцессорных минералов из искусственных шлихов протолочных проб (150). В работе использовано более 800 полных силикатных: анализов пород (из них 450 по собственным образцам), 1200 количественных анализов щелочей, редких, радиоактивных и рассеянных элементов, в том числе: пламенно-фотометрическое определение К, Na, Li, Rb; рентгеноспектральное- Rb, Sr, Zr, Nb, Y, U, Th (ЦАЛ ПГО "Невскгеология"); спектрально-количественное – Sn, Be, Mo, Ag, Ga, Ge, F (ЦАЛ ПГО "Севзапгеология"). Кроме того, выполнено 30 спектральных количественных анализов биотитов из гранитоидов на 12 элементов (Лаборатория НИИЗК ЛГУ) и др. анализы.

Реализация работы и внедрение ее результатов. Основные результаты работы изложены в 4 научно-производственных отчетах, выполненных по хоздоговорной тематике с ПГО "Севзапгеология" (1973, 1978, 1981, 1984) и отчасти были использованы в металлогенических исследованиях и при составлении прогнозной карты на олово по Северному Приладожью (Никольская, Гордиенко, 1978; Кобылянский и др., 1984).

Публикации. По теме диссертации опубликовано 5 работ.

Апробация работы. Результаты диссертационной работы докладывались на Всесоюзном совещании "Гранитоидные купола" (Иркутск, 1983) и на юбилейной научной сессии, посвященной памяти Н.Г. Судовикова (ЛГУ, 1984).

ГЛАВА. I. ОСНОВНЫЕ ЧЕРТЫ ГЕОЛОГИЧЕСКОГО СТРОЕНИЯ ЮГО-ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ БАЛТИЙСКОГО ЩИТА

1.1. Краткий очерк геологической изученности территории.

Приведены краткие сведения об истории геологической изученности территорий и изложены основные результаты геолого-съёмочных и тематических исследований.

1.2. Положение района в структуре Балтийского щита. Изучаемый район расположен в южной части Балтийского щита и структурно входит в состав свекофенской геосинклинально-складчатой области (ГСО), в которой выделяются две структурно-формационные зоны - карелиды и свекофениды.

1.3. Основные черты геологического строения района.

Стратиграфия. В геологическом строении территории принимают участие 4 комплекса пород: 1. толщи гнейсов и амфиболитов, обнажающиеся в ядрах куполовидных структур; 2. мраморы, кальцифиры, амфиболиты сортавальской серии; 3. биотитовые, ставролитовые, андалузитовые, силлиманитовые и др. сланцы и гнейсы ладожской серии; 4. эффузивно-осадочные образования салминской свиты. На основании новых геологических данных нами выделяются только два структурных яруса - верхний и нижний, при этом к нижнему относятся первые три комплекса пород.

Тектоника и глубинно-блоковое строение территории. В районе выделено три основных этапа деформаций (Мигматизация и гранитообразование., 1984). Во время первого этапа в породах ладожской серии проявились три фазы складчатости F_1, F_2, F_3 , а во второй две - F_4, F_5 . Третий этап деформаций привел к развитию прерывистых зон смятия северо-восточного простирания. Структурный анализ гнейсовидности и полосчатости гнейсов, сланцеватости, полосчатости и простирания тел и пачек амфиболитов из центральных частей и обрамления Питкярантской и Юляристинской куполовидных структур показывает, что внутреннее строение последних в основном определяется интерференцией двух последовательных фаз складчатости, сходных по ориентировкам осевых плоскостей и шарниров со складками F_2 и F_3 первого этапа деформаций. Ориентировки кристаллизационной линейности амфиболитов, шарниров и осевых плоскостей мелких изоклинальных складок во "внутрикупольных" амфиболитах сопоставимы со складками F_4 и F_5 второго этапа деформаций.

Изучаемая территория относится к крупному геоблоку II порядка

(Григорьева и др., 1975, 1978), в котором выделяются несколько блоков III порядка, разделяемые глубинными долгоживущими разломами северо-западного простирания: 1. Северо-Ладожский; 2. Лахденпохский; 3. Ладожский; 4. Хиттольско-Вуоксинский; 5. Выборгский. Кроме того, серией разломов последние расчленяются на блоки IV порядка. Так, в пределах Северо-Ладожского блока выделяются Питкярантский, Сортавальский и Янисярвинский блоки, разделяемые Питкярантско-Рускеальской тектонической зоной глубинных долгоживущих разломов. Блоки III и IV порядков имеют различную мощность земной коры и "гранитного" слоя, а также отличаются геологическим строением - характером регионального метаморфизма и ультраметаморфизма, проявлением магматической деятельности и особенностями распределения месторождений полезных ископаемых.

Метаморфизм и ультраметаморфизм. В зоне карелид проявлен региональный метаморфизм, характеризующийся отчетливой зональностью, выраженной в усиленной степени метаморфизма с северо-востока на юго-запад от зеленосланцевой до амфиболитовой фаций умеренных давлений, а в зоне свекофенид - метаморфизм амфиболитовой и гранулитовой фаций. Радиологический возраст метаморфизма оценивается в 1900 млн. лет (Лобач-Жученко и др., 1974). В зонах амфиболитовой и гранулитовой фаций широко проявлены процессы ультраметаморфизма; выраженные в образовании нескольких генераций мигматитов по пара- и ортопородам (Глебовицкий, Седова и др., 1984).

Этапы магматической деятельности и комплексы основных пород.

С учетом основных литературных данных на исследуемой территории можно выделить следующие геолого-тектонические этапы развития ГСО и синхронные с ними магматические комплексы: 1) ранний этап погружения и осадконакопления - базальтовый комплекс, представленный метаморфизованными туфами и лавами в переслаивании с гнейсами, сланцами и карбонатными породами нижнего структурного яруса. Радиологический возраст этих образований по Pb - Pb изохронному датированию 3020-2540 млн. лет (Попов, Собонович и др., 1977); 2) этап главных складчатых деформаций - синкинематические комплексы: а) эндербитов; б) габбро-диорит-плагиогранитов; в) диорит-плагиогранитов; г) диорит-гранодиорит-гранитов. Радиологический возраст пород синкинематических комплексов близок и оценивается 1900 - 1850 млн. лет по С.Б. Лобач-Жученко и др., (1974) и по материалам автора; 3) этап блоковых дифференциальных движений, характеризующийся развитием глубинных разломов в условиях тангенциальных сжатий и блоковой

перестройки территории - посткинematический комплекс микроклиновых гранитов. Радиологический возраст этих образований, определенный различными авторами и различными методами, находится в пределах 1700 ~ 1800 млн лет; 4) этап общей инверсии Балтийского щита - посторогенный комплекс гранитов рапакиви. Изохронные датировки для Выборгского и Салминского массивов составляют соответственно 1670 и 1550 млн лет (Горохов, 1975; Шергина и др., 1983); 5) этап тектоно-магматической активизации Балтийского щита - субплатформенные комплексы габбро-диабазов (о.Валаам, и Хапунваарский шток) и ан-дезитов-дацитов (о-ва оз. Янис-Ярви), возраст которых оценивается соответственно 1350 млн лет (Хазов, 1973), и 700-900 млн лет (Масайтис, 1975).

Полезные ископаемые. На территории района известны многочисленные и разнообразные рудные месторождения, из которых наибольший практический интерес представляют собой месторождения и рудопроявления олова, локализованные в Северном Приладожье в Питкярантском районе и в окрестностях д. Маткаселька. Промышленно перспективные месторождения приурочены к скарнам по породам нижнего и верхнего карбонатных горизонтов сортавальской серии и к апоскарновым грейзнам. Главным рудным минералом является касситерит, на долю которого приходится до 75% олова в руде, остальная часть концентрируется в гранате гроссуляр-андрадитового ряда. Касситерит месторождений представлен тремя генерациями:

1 - скрытокристаллической (сферолиты) в срastании с калишпатом;
2 - мелкокристаллической, встречающийся совместно с первой генерацией; 3 - крупнокристаллической. Первые две генерации касситерита локализованы в скарнах и развитым в них зонах кварц-полевошпатовых метасоматитов, третья генерация ассоциирует с грейзеновыми минералами и сульфидами.

ГЛАВА 2. ОСОБЕННОСТИ ГЕОЛОГИЧЕСКОГО СТРОЕНИЯ И ВЕЩЕСТВЕННОГО СОСТАВА ГРАНИТОИДНЫХ КОМПЛЕКСОВ

2.1. Геологическое строение гранитоидных комплексов.

Синкинematические комплексы гранитоидов - кварцевых диоритов-плагиогранитов и диорит-гранодиорит-гранитов имеют много сходных геологических особенностей и различаются лишь постоянным присутствием в составе последних ортоклаза. К первому комплексу Г.М.Саранчиной (1972) отнесены: Приозерский массив плагиоклазовых гранитов, а также мелкие массивы района п-ва Турвуе, о.Путсари, п-ва Тимонсари, мыса Импиинемн и окрестностей г. Сортавала. Мелкие интрузии комплекса диорит-гранодиорит-гранитов распространены

на территории Питкярантского района и островах Ладожского озера. Общими чертами для пород указанных комплексов является их согласное расположение по отношению к структуре вмещающих пород и "сквозная" гнейсовидность, согласная с гнейсовидностью вмещающих толщ.

Комплекс микроклиновых гранитов представлен дискордантными гранитными массивами: Лазурненским, Бородинским, Заветнинским, Ояярвинским, Тервусским, Путсарским и др., ранние фазы которых сложены монцититами, биотит-амфиболовыми гранитоидами, поздние - биотитовыми гранитами и аплитами. Обмечается закономерное уменьшение с юго-запада на северо-восток размеров массивов, зернистости пород, а также увеличение доли биотитовых разновидностей при сокращении амфиболсодержащих. В Северном Приладожье этот комплекс представлен фацией керамических и мусковит-редкометалльных пегматитов (месторождения Люппико, Линнаваара и др.), а также пегматоидных гранитов (р-н ст. Маткаселька, Пирттипохья, Куокканиеми, Латвасюръя), которые слагают жильные и линзовидные тела в пределах Питкярантско-Рускеальской тектонической зоны. К комплексу микроклиновых гранитов отнесены также кварц-полевошпатовые мета-соматиты, развитые в зонах разломов и по породам куполовидных структур и их обрамления.

Комплекс посторогенных гранитов рапакиви представлен Выборгским и Салминским массивами. Среди гранитоидов этих массивов в целом выделяются 4 структурно-вещественные группы пород, в составе которых различаются также фациальные разновидности:

1. биотит-амфиболовые (лапее-граниты);
2. амфибол-биотитовые (овоидные):
 - а) с крупнозернистой основной массой; б) с мелкозернистой основной массой (краевая фация и автоинтрузии); в) мелкозернистые жильные с редкими овоидами;
3. биотитовые граниты: а) равномерно-зернистые и трахитоидные; б) порфиroidные с мелкозернистой основной массой (краевая фация и автоинтрузии); в) мелкозернистые жильные;
4. мусковит-биотит(протолитионит)-микроклин-альбитовые: а) аплитовидные мелкозернистые; б) краевые пегматоиды (штокшайдеры).

С комплексом рапакиви ассоциируют также процессы альбитизации и грейзенизации по скарнам и др. вмещающим породам. Среди слагающих Салминский массив гранитоидов встречаются также габбро-анортозиты (Шинкарев, Анищенкова, 1973), а в зоне экзоконтакта - дайки кварцевых порфиров и гранит-порфиров. Для массивов рапакиви региона также, как и для посткинematических микроклиновых гранитов

устанавливается латеральная зональность, выраженная в уменьшении величины массивов с юго-запада на северо-восток, а также зернистости пород и сокращения доли амфиболсодержащих разновидностей по сравнению с биотитовыми. Характерной чертой гранитных массивов этого комплекса являются незначительные по мощности развития эндо- и экзоконтактные зоны и отсутствие мигматизации пород рамы.

2.2. Петрографическая характеристика гранитоидов.

Синкинематические гранитоиды комплекса габбродиоритов-кварцевых диоритов-плагиогранитов сложены олигоклаз-андезином (40-60%), кварцем (10-40%), биотитом (3-10%), обыкновенной роговой обманкой (0-10%) Гранитоиды комплекса диоритов-гранодиоритов сходны по минеральному составу с гранитоидами вышеописанного комплекса, однако в них постоянно присутствует около 10-25% ортоклаза. Характерной чертой этих пород является присутствие диафорических изменений - по амфиболу и биотиту - хлоритизация; по плагиоклазу и калиевому полевошпату - серицитизация; и кроме того, иногда устанавливается решетчатый микроклин в ассоциации с новообразованным биотитом.

Гранитоиды комплекса микроклиновых гранитов сложены решетчатым микроклином, редко ортоклазом) 35-70%, олигоклазом 5-40%, кварцем 25-30%, обыкновенной роговой обманкой 0-10%, биотитом 3-15% (общая железистость 51-71%), иногда присутствует гиперстен 0-3%.

Пегматиты и дегматоидные граниты состоят из блочного микроклина (часто с графической структурой), плагиоклаза-олигоклаза и альбита, кварца, биотита, мусковита, турмалина, граната. В автотасоматитах и околожильных метасоматитах, связанных с пегматоидными гранитами, встречается альбит нескольких генераций, решетчатый микроклин, мусковит, кварц, гранат, турмалин. Микроклиновые метасоматиты по плагиогнейсам из ядер куполовидных структур представлены микроклин-плагиоклазовыми гранитогнейсами (5-30% микроклина) и плагио-микроклиновыми гнейсогранитами (30-50% микроклина). С метасоматическим микроклином, развивающимся по первичному серицитизированному плагиоклазу, ассоциируют также биотит, замещающий амфибол. В различной степени микроклинизации подверглись и другие породы - внутрикупольные и сортавальские полевошпатовые амфиболиты. Гранитоиды комплекса рапакиви. Амфибол-и биотитсодержащие разновидности сложены амфиболом (гантингситом) - 0-10%, общая железистость которого 80-95%, несколькими генерациями кварца - 24-38%, калиевым полевым шпатом - ортоклазом и решетчатым микроклином, причем ортоклаз образует лейсты или овоиды с характерным концентрическим строением,

окруженные олигоклазовыми оболочками, а микроклин чаще встречается в основной массе. Плагиоклаз представлен андезин-олигоклазом, альбит-олигоклазом и поздним метасоматическим лейстовым альбитом, В мусковит-биотит (протолитионит)-микроклин-альбитовых разновидностях гранитов 4 группы встречаются и соответствующие породообразующие минералы. Гранитоиды первых трех групп иногда подвержены метасоматическим изменениям в постмагматическую стадию, выраженным альбитизацией и грейзенизацией. Характерным минералом комплекса рапакиви является флюорит, встречающийся во всех структурно-петрографических разновидностях гранитов.

2.3. Акцессорные минералы.

В гранитоидах комплекса диорит-гранодиорит-гранитов наибольшим распространением пользуется апатит, сфен, циркон, пирит и магнетит, которые, возможно, и составляют группу ведущих. В отдельных зернах встречены гранат, турмалин, монацит, анатаз, рутил, ильменит, флюорит, молибденит, сфалерит.

Для гранитоидов комплекса микроклиновых гранитов ведущими акцессорными минералами являются: анатаз, апатит, гранат, ильменит, лейкоксен, монацит, пирит, циркон, эпидот. К второстепенным относятся магнетит, гематит, лимонит, молибденит, ортит. Редкие представлены галенитом, рутилом, сфеном, сфалеритом, топазом, турмалином, циртолитом, флюоритом, а также арсенопиритом, амблигонитом-монтебразитом, бериллом, индиголитом, касситеритом, колумбитом-танталитом, сподуменом, торитом и шеелитом, причем последние 9 минералов характерны только для пегматоидных гранитов. Первые две группы - ведущие и второстепенные, могут быть объединены в сквозную или типоморфную ассоциацию акцессорных минералов, которая характерна для всех пород, фаз и массивов данного комплекса.

Для гранитов комплекса рапакиви ведущими являются анатаз, апатит, ильменит, молибденит, ортит, циркон, флюорит. К второстепенным относятся гранат, лейкоксен, монацит, пирит, силлиманит, сфен, шпинель, магнетит, гематит. К редким принадлежат арсенопирит, дистен, касситерит, колумбит, ксенотим, рутил, турмалин, топаз, фаялит и эпидот. Рассматриваемые комплексы гранитоидов отчетливо различаются количественными содержаниями и ассоциациями акцессорных минералов, входящих в группы ведущих, а также качественным набором в сквозных или типоморфных ассоциациях. Общность типоморфных ассоциаций акцессорных минералов для различных структурно-петрографических групп гранитов в пределах одного комплекса указывает на их генетическое родство.

2.4. Петрохимическая характеристика гранитоидов.

Синкинема-тические гранитоиды комплексов кварцевых диоритов-плагиогранитов и диорит-гранодиорит-гранитов содержат SiO_2 в пределах 60-71%, MgO - 1-2%, CaO - 1-5%, P_2O_5 - 0,11-0,34%; Кварцевые диориты-плагиограниты имеют натриевую специализацию и низкое отношение $\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O}$ - (0,36-0,55), тогда как для гранодиорит-гранитов это отношение составляет соответственно 0,8-1,1. По классификации А.Н. Заварицкого наиболее кислые разновидности синкинематических гранитоидов относятся к типу пород, пересыщенных глиноземом, а диориты и кварцевые диориты в большинстве случаев принадлежат к нормальному типу пород.

Гранитоиды комплекса микроклиновых гранитов имеют содержания SiO_2 - 64-75% и более низкие, чем для синкинематических гранитоидов концентрации MgO - 0,3-1,0, CaO - 0,8-2%, P_2O_5 - 0,03-0,15% (иногда до 0,6%). Кроме того для комплекса микроклиновых гранитов характерна калиевая специализация, причем отношение $\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O}$ закономерно уменьшается с юго-запада на северо-восток (для сходных структурно-петрографических разновидностей) и составляет 1,5-1,3 для монзонитов, 1,9-1,4 для крупнозернистых биотитовых гранитов и 2,6-1,6 для аплитов, В пределах отдельных массивов устанавливается повышение концентраций K_2O в поздних, фазах и жильной фации по сравнению с амфиболсодержащими гранитоидами. Пегматиты имеют высокие содержания SiO_2 - 72 -75%, K_2O - 7-8%, пониженные MgO - 0,11-0,44%, CaO - 0,3-0,5% и нормальные Na_2O - 2,4-2,7% по сравнению с интрузивными гранитами комплекса.

Пегматоидные граниты отличаются от пегматитов несколько более высокими содержаниями CaO , MgO , $\text{FeO}+\text{Fe}_2\text{O}_3$, TiO_2 и особенно Na_2O - 4 - 4,5%, тогда как концентрации K_2O снижаются до 3,5-4,7%.

Автометасоматиты по пегматитам и пегматоидным гранитам в большинстве случаев наследуют концентрации породообразующих окислов исходных пород и характеризуются привнесением Na_2O , концентрации которого возрастают до 5,5%, и выносом K_2O - 1,7-2,2%.

Кремне-калиевые метасоматиты по плагиогнейсам куполовидных структур и др. метаморфическим породам характеризуются привнесением Si и K при выносе Mg , Ca , Fe и Na . Большая часть гранитоидов и метасоматических образований комплекса микроклиновых гранитов относится к типу пород, пересыщенных алюминием.

Исключение составляют монзониты Оярвинского массива, принадлежащие к нормальному типу пород.

Гранитоиды комплекса рапакиви имеют концентрации SiO_2 - 66-76% и пониженные по сравнению с гранитоидами предыдущих комплексов средние содержания MgO - 0,4-0,7%, CaO - 2,5-0,36% и P_2O_5 - 0,01-0,16%, при этом содержания SiO_2 и Na_2O возрастают от ранних разновидностей к поздним и в пределах фаз от крупнозернистых разновидностей к порфиридовидным и жильным, тогда как концентрации TiO_2 , CaO , MgO , FeO , Fe_2O_3 , K_2O и P_2O_5 , снижаются. Гранитоиды Салминского массива отличаются от Выборгского статистически значимыми повышенными содержаниями SiO_2 , Na_2O и пониженными концентрациями MgO , CaO и P_2O_5 . Первые три группы (= фазы) гранитов комплекса рапакиви характеризуются снижением отношения $\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O}$ от ранних фаз к поздним и в пределах фаз - от крупнозернистых разновидностей к порфиридовидным и жильным. Кроме того, устанавливается латеральная петрохимическая зональность, выражающаяся в уменьшении этого отношения в сходных структурно-петрографических разновидностях гранитоидов с юго-запада на северо-восток от Выборгского массива к Салминскому. Большинство Структурно-петрографических разновидностей гранитов комплекса рапакиви слабо пересыщены глиноземом, кроме биотит-амфиболовых лаптеегранитов Выборгского массива, принадлежащих к нормальному типу пород. Близкие петрохимические характеристики (по А.Н. Заварицкому) для всех 4 выделенных групп гранитоидов свидетельствуют в пользу принадлежности их к единому комплексу - гранитов рапакиви. Результаты дискриминантного анализа петрохимических данных математически подтверждают правомерность выделения указанных групп. По результатам этого же анализа кварцевые порфиры и гранит-порфиры из даек в зоне экзоконтакта Салминского массива, содержащие ксенолиты оловородных гранат-пироксеновых скарнов, с 93-99% вероятностью относятся к группе овоидных амфибол-биотитовых гранитов.

2.5. Геохимия редких элементов.

Для пород комплекса диорит-гранодиорит-гранитов устанавливаются околоскарновые (по А.П.Виноградову, 1962) содержания Li , Th , Sn , повышенные концентрации Sr и Zr и пониженные Rb , Nb , Y , U и Be . Установлено, что процессы наложенного кремне-калиевого метасоматоза, выраженного в биотитизации амфиболов и микроклинизации плагиоклаза, приводят к привнесению олова в измененные породы.

Для гранитоидов комплекса микроклиновых гранитов характерны околоскарновые содержания большинства редких элементов

Rb, Sr, Zr Nb, Y, Th, F и пониженные содержания (в коэффициентах концентраций - К) Li (0,7К); U (0,5К), Sn (0,5К), Be (0,3К). От ранних - амфиболсодержащих разновидностей к поздним - биотитовым и жильным снижаются концентрации Li, Sr, Zr Nb, U и F, а повышается только Rb.

Распределение олова в гранитах различных массивов комплекса связано с отмеченной выше латеральной петрохимической зональностью и его содержания совместно Na несколько повышаются в северо-восточной группе массивов по сравнению с юго-западной.

Пегматиты характеризуются высокими содержаниями Rb - (3К) и озолокларковыми концентрациями Li, Nb, U при пониженных значениях Sr (0,2К), Zr (0,1), F (0,2К). Концентрации Sn в пегматитах Латвасюрьи околосларковое, а в пегматитах Маткасельки и Питкярантского района уже в 2 и более раза выше кларка.

Пегматоидные граниты в целом характеризуются повышенными концентрациями Rb (2К) и U (3К), околосларковым Nb и пониженными Sr (0,1К), Zr (0,3К), Y (0,3К), F (0,4К). Концентрации Sn, Li и Be в пегматоидных гранитах Латвасюрьи находится на околосларковом уровне, тогда как пегматоидные граниты Маткасельки уже геохимически специализированы на эти элементы и содержат Sn (9К), Li (3К), Be (8К).

Автометасоматиты имеют концентрации большинства редких и рассеянных элементов несколько ниже, чем в пегматоидных гранитах, что объясняется выносом Li, Rb, Sn и U в процессах альбитизации последних. Подтверждением этому служат значительное увеличение концентраций перечисленных элементов в околожильных кварц-мусковит-турмалин-альбитовых метасоматитах по сравнению с неизменными породами. Так, в биотитсодержащих кварцитах концентрации Li увеличиваются в 20 раз, Rb - в 15, Sn и U в 7 раз.

Кварц-микроклиновые метасоматиты, развитые по породам куполовидных структур, имеют геохимические особенности, которые определяются, с одной стороны, геохимической спецификой плагио-гнейсового субстрата, и, с другой стороны, территориальной приуроченностью их к тем или иным блокам земной коры. Так, кварц-микроклиновые метасоматиты по плагиогнейсам куполовидных структур Сортавальского блока характеризуются повышением содержания Rb, а в Питкярантском и Янисярвинском блоках происходит увеличение концентраций в метасоматически измененных породах Zr в 1,5 раза, Li в 1,2, Pb в 4, Th в 2, Ag в 1,3 и Sn в 2,7. При уменьшении концентраций Sr в 1,6 раза.

Все гранитоиды комплекса рапакиви характеризуются повышенными относительно кларка концентрациями F (1,5-6К) и Sn (1,5-5К),

пониженными содержаниями Sr (0,1-0,5К). Концентрации Li, Rb, Nb, Be, U и Th повышаются, а Sr и Zr понижаются от ранних фаз к поздним, и внутри фаз от крупнозернистых разновидностей к мелкозернистым. По отношению к вмещающим породам граниты комплекса рапакиви геохимически инертны. В грейзенах и альбититах, связанных с комплексом рапакиви, установлены повышенные концентрации Li (10К), Rb (5К), Be (3К), U (3К), Nb (3К) Th (1,5К), F (18К), и Sn (3К), следовательно альбитизация и грейзенизация могут рассматриваться как рудогенерирующие процессы в отношении олова.

ГЛАВА 3. ПЕТРОЛОГИЯ ГРАНИТОИДНЫХ КОМПЛЕКСОВ

Синкинематические гранитоиды по мнению Г.М. Сараичияой (1972) сформировались в результате палингенеза пород ладожской формации в условиях ультраметаморфизма умеренных давлений (3,5-4,5 кбар) при температурах 640-780°. Другие авторы (Arth at. All, 1978) рассматривают аналогичные образования Юго-Западной Финляндии в качестве дифференциатов единой габбро-диорит-тоналит-грандьемитовой формации.

Гранитоиды комплекса микроклиновых гранитов кристаллизовались при относительно низкой температуре, которая несколько снижалась от монзонитов 700-750° к гранитам 580-750° при общем давлении в интрузивной камере 1,5-4,0 кбар (Гордиенко, 1978; Ладнер, 1983). Расположение фигуративных точек нормативных составов микроклиновых гранитов на диаграмме фазового состояния Ab - Or - Qu - H₂O (Tuttle, Bowen, 1960) показывает, что кристаллизация амфиболовых биотитовых и жильных гранитов происходила при значительном уменьшении давления H₂O и других летучих компонентов. Это, скорее всего, связано с особенностями кристаллизации гранитов в условиях открытой системы и удалений из расплава летучих компонентов и легкоподвижных элементов, в том числе и олова. Кристаллизация пегматоидных гранитов Маткасельки происходила при высоких давлениях летучих компонентов, в первую очередь, H₂O, которые в постмагматическую стадию приводили к автометасоматическим процессам альбитизации и образованию околожильных метасоматитов. На высокую химическую активность гранитоидов комплекса микроклиновых гранитов указывают также процессы кремне-калиевого метасоматоза, широко проявленные не только в породах эндоконтакта массивов, но и в куполовидных структурах Северного Приладожья, где, вероятно, очаги гранитообразования залегают значительно глубже, чем на Карельском перешейке.

Массивы гранитоидов комплекса рапакиви формировались

в гипабисальных условиях на глубинах 1 - 5 км при давлениях H_2O - 500-1500 кг/см². Температура кристаллизации гранитного расплава оценивается в 650-900° в условиях изначально "сухой" магмы и низкого парциального давления кислорода. Различные фазы и фациальные разновидности гранитоидов Салминского массива кристаллизовались при постоянном давлении около 1000 кг/см² и понижении температур от ранних фаз к поздним. Альбитовые граниты последней фазы имеют анхизвектический состав и кристаллизовались при активном участии летучих компонентов в первую очередь, фтора. Кристаллизация гранитов Выборгского массива происходила в более широком интервале давлений H_2O от 1000 до 2500 кг/см². Формирование гипабисальных массивов рапакиви в условиях относительно холодной и жесткой рамы и послужило, вероятно, причиной геохимической инертности гранитоидов по отношению к вмещающим породам. Однако, процессы кристаллизации глубинных материнских магматических очагов гранитообразования могли приводить к процессам альбитизации в поздне- и постмагматическую стадии. Отмеченная латеральная зональность для гранитоидов комплекса микроклиновых, гранитов и рапакиви связана с глубиной формирования гранитных массивов, которая была меньше для Северного Приладожья по сравнению с Карельским перешейком.

ГЛАВА 4. ОСНОВНЫЕ ЧЕРТЫ МЕТАЛЛОГЕНИИ ОЛОВА ЮГО-ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ БАЛТИЙСКОГО ЩИТА

Установлено, что в пределах Питкярантского, Янисярвинского и Выборгского блоков все магматические и метасоматические образования геохимически специализированы на олово, тогда как в аналогичных образованиях Лахденпохского, Сортавальского и Хиттольско-Вуоксинского блоков концентрации олова на уровне или несколько ниже кларковых значений. Содержания олова в биотитах из магматических и метасоматических образований геохимически специализированных на олово, находятся в интервале 50-900 г/т, что характерно для "оловоносных" гранитоидов из большинства других оловоносных провинций, а концентрации олова в биотитах из магматических и метасоматических пород, геохимически не специализированных на олово и распространенных в Лахденпохском, Хиттольско-Вуоксинском и Сортавальском блоках, значительно ниже (5-40 г/т) и отвечает содержаниям, характерным для "неоловоносных" гранитов (Барсуков, 1974). Акцессорно-касситеритовая минерализация приурочена только к геохимически специализированным на олово гранитоидам с повышенными содержаниями олова в биотитах.

Анализ размещения месторождений и рудопроявлений олова показывает, что все они также приурочены к блокам, в которых проявлены магматические и метасоматические образования, геохимически специализированные на олово. Кроме того, в Северо-Ладожском блоке все известные в настоящее время оловянные рудопроявления и месторождения тяготеют к долгоживущей Питкярантско-Рускеальской тектонической зоне. Причиной геохимической специализации на олово разновозрастных магматических и метасоматических образований, проявленной только в определенных блоках, может быть геохимическая специализация на олово пород верхней мантии или нижних частей земной коры в пределах этих блоков.

Приведенные данные свидетельствуют о том, что с процессами пегматитообразования и К-метасоматоза может быть генетически связано олово, локализованное в скарнах - в оловосодержащем гранате и в калишпат-касситеритовом агрегате. К этому типу рудообразования, возможно, принадлежит и мелкокристаллический касситерит, нарастающий на колломорфный. С комплексом гранитов рапакиви связан только один потенциально оловорудный процесс, последовательными стадиями которого является альбитизация и грейзенизация. С альбититами и грейзенами встречается самый поздний касситерит, ассоциирующийся с типично грейзеновыми минералами - топазом, флюоритом, мусковитом, альбитом, колумбитом, сульфидами и минералами редких металлов. В месторождениях Питкярантского района касситериты всех генераций и оловосодержащий гранат часто локализируются в одних и тех же структурах, что может быть результатом последовательного наложения друг на друга нескольких оловорудных процессов, связанных с двумя указанными этапами гранитоидного магматизма.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Основные результаты проведенных исследований сводятся к следующему:

1. Показано, что к комплексу микроклиновых гранитов относятся не только интрузивные граниты Карельского перешейка, пегматиты и пегматоидные граниты Северного Приладожья, но также кремне-калиевые метасоматиты, развитые по породам куполовидных структур, К комплексу рапакиви относятся как амфибол- и биотитсодержащие разновидности гранитоидов, так и альбитовые аплитовидные редкометалльные граниты.

2. Пегматиты и пегматоидные граниты оказывали интенсивное химическое воздействие на вмещающие породы. Граниты комплекса рапакиви

формировались в гипабиссальных условиях при резких перепадах температур и давлений, что и обусловило их петрохимическую и геохимическую инертность по отношению к вмещающим породам.

3. Оловорудные месторождения и рудопроявления приурочены к блокам земной коры, в которых устанавливается геохимическая специализация на олово разновозрастных магматических и метасоматических образований, что может служить геохимическим критерием, способствующим целенаправленной постановке поисковых работ и выделения перспективных на олово районов.

4. В пределах геохимически специализированных на олово блоков земной коры оловорудными процессами являются: пегматитообразование и К-метасоматоз - комплекс микроклиновых гранитов; процессы альбитизации и грейзенизации - комплекс гранитов рапакиви.

5. По петролого-геохимическим данным перспективной на поиски новых оловянных месторождений является Питкярантско-Рускеальская тектоническая зона, к которой тяготеют и уже известные в Северо-Ладожском блоке проявления олова.

6. Новый перспективный тип оловянного оруденения может быть связан с грейзенами и краевыми пегматитами - штокшайдерами, проявленными в зонах экзо- и эндоконтактов, не вскрытых эрозией штокообразных тел альбитовых гранитов последней фазы внедрения Выборгского, Салминского и, возможно, Улягского массивов.

РАБОТЫ АВТОРА, ОПУБЛИКОВАННЫЕ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ:

1. Применение активационного анализа для исследования типоморфизма сосуществующих минералов по особенностям состава лантаноидов, "Ученые записки ЛГУ", Вопросы геофизики, вып.26, 1977, с.70-77 (в соавторстве с А.И. Булнаевым, П.А. Вагановым и В.А. Мейером).

2. Минералого-геохимическая специализация гранитов рапакиви Салминского массива. Вестник ЛГУ, № 6, вып.1, 1981, с.15-24 (в соавторстве с Б.К.Львовым).

3. Петрологические критерии оловоносности формации гранитов рапакиви южной части Балтийского щита. В кн.: "Петрология литосферы и рудоносность". Тезисы докладов. Л., 1981, с.266-267.

4. Минералого-геохимическая специализация гранитов рапакиви Выборгского массива. Вестник ЛГУ, № 6, вып.1, 1983, с.13-22.

5. Внутренняя структура и вопросы генезиса гранитогнейсовых куполов Северного Приладожья. В кн.: "Гранитогнейсовые купола". Тезисы докладов. Иркутск, 1983, с.78-79.