

Академик
Владимир Трофимович
Калинников

75 лет

Российская Академия наук

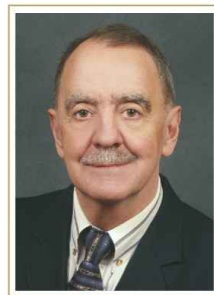
*Поздравляем
с юбилеем!*



Ваши сотрудники

КОЛЬСКИЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР

Институт химии и технологии редких
элементов и минерального сырья
им. И.В.Тананаева



75

академик

ВЛАДИМИР ТРОФИМОВИЧ
КАЛИННИКОВ



Академик Владимир Трофимович Калининков известен как крупный ученый в области теоретической и экспериментальной магнетохимии, химии и технологии магнитных материалов, материалов для квантовой электроники и оптики, функциональных материалов, в том числе наноматериалов, химической технологии комплексного минерального сырья, основатель научной школы изучения фундаментальных основ создания новых материалов с улучшенным комплексом физико-механических характеристик на основе редкометалльного сырья Кольского полуострова.

Он автор более 900 научных работ и изобретений, в том числе 11 монографий, лауреат Государственной премии РФ в области науки и техники (2000 г.), премии Правительства РФ (1997 г.) и премий Российской академии наук им. Н.С. Курнакова (1988 г.) и им. Л.Н. Чугаева (2000 г.), В.А.Коптюга (2008 г.), главной премии МАИК (2008 г.).

В.Т. Калининков родился 27 ноября 1935 года в г. Москва. В 1953 г. поступил на химический факультет Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова. По окончании университета в течение трех лет работал младшим научным сотрудником Института металлургии АН СССР, в 1962 г. был принят в очную аспирантуру Московского физико-технического института, в 1965 г. защитил диссертацию на соискание ученой степени кандидата химических наук и был оставлен на кафедре химии в должности ассистента, а с 1967 г. - доцента. В 1968 г. прошел по конкурсу на должность старшего научного сотрудника Института общей и неорганической химии АН СССР, где с 1973 по 1981 гг. возглавлял лабораторию химии полупроводников. В 1975 г. стажировался в двух университетах США: Университете Северной Каролины (г. Чапел-Хилл) под руководством крупнейшего специалиста в области магнетохимии кластерных соединений профессора Уильяма Е.Хэтфилда и Пенсильванском Университете (г. Филадельфия) под руководством профессора Рустама Роя - специалиста по материаловедению магнитных материалов. В 1975 г. защитил докторскую диссертацию «Магнетохимия обменных кластеров переходных металлов» и в 1979 г. ему было присвоено звание профессора по специальности «неорганическая химия».

С 1981 г. В.Т. Калининков живет и работает в городе Апатиты Мурманской области. Он возглавил Институт химии и технологии редких элементов и минерального сырья (ИХТРЭМС) КФАН СССР и



за сравнительно короткий период времени превратил его в один из ведущих институтов Российской академии наук по проблемам переработки многокомпонентного минерального сырья.

Отличительной чертой выполняемых под его руководством проектов является комплексный подход к решению круга теоретических, экспериментальных и прикладных проблем, которые встают перед разработчиками новых материалов по всей технологической цепочке: технология минерального сырья - синтез необходимых соединений - получение на их основе материалов с заданными свойствами (магнитных, сегнетоэлектрических и других) - изучение физико-химических свойств полученных соединений и материалов - выдача рекомендаций по практической реализации научных разработок.

В.Т. Калининковым проведены фундаментальные исследования по магнетохимии неорганических соединений, разработаны эффективные методы контроля свойств полупроводниковых и сегнетоэлектрических материалов, создана современная теоретическая основа материаловедения магнитных полупроводников. Результаты этих работ опубликованы в пяти монографиях, в том числе «Введение в магнетохимию» (1981 г.), «Процессы упорядочения в сегнетоэлектрических кристаллах и их проявление в спектрах комбинационного рассеяния света» (2001 г.), «Ниобат лития: дефекты, фоторефракция, колебательный спектр, поляритоны» (2003 г.), «Синтез сегнетоэлектрических и люминесцентных сложных оксидов редких элементов» (2009 г.). Выявлен новый перспективный класс соединений с нелинейными свойствами - оксифторниобаты и оксифтортанталаты щелочных, щелочноземельных и переходных элементов, разработаны способы синтеза кристаллов с заданными физико-химическими параметрами.

По инициативе В.Т. Калининкова в городе Апатиты в конце 1980-х годов был построен крупнейший в стране завод по производству материалов электронной техники, входящий в настоящее время в состав ОАО «Северные кристаллы». На этом предприятии были реализованы в промышленных масштабах разработанные в ИХТРЭМСе технологии управляемого синтеза монокристаллов ниобатов и танталатов лития, включающие экстракционную очистку ниобия и тантала, синтез шихты, рост монокристаллов, получение пьезоластин и регенерацию отходов. Кроме того, в настоящее время на базе ИХТРЭМС создана мощная аппаратная база по выращиванию и контролю свойств монокристал-

лов ниобата лития, что позволяет производить монокристаллы оптического качества для различного рода электрооптических, нелинейно-оптических преобразователей, акустооптических и акустоэлектронных приложений и обеспечивать потребности в этих материалах в оборонном и гражданском секторах производства.

Под научным руководством В.Т. Калининкова осуществляется модернизация технологической базы Колского горно-металлургического комплекса, обеспечивающая повышение экологической безопасности Евро-Арктического региона и увеличение полноты переработки минерального и техногенного сырья. Для решения приоритетных проблем в этой сфере разработаны и реализованы в промышленном масштабе технология гидрометаллургической переработки хибинских нефелинов с получением коагулянтов-флокулянтов, аморфного кремнезема и компонентов взрывчатых веществ нового типа, экстракционные технологии получения высокочистого оксида железа из травильных растворов сталепрокатных производств, а также получение электролитической меди из отходов пирометаллургии. Созданы основы гидрометаллургических технологий окислительных руд титана, ниобия, циркония, иттрия и редкоземельных элементов, открывающие возможности освоения уникальных месторождений, необходимых для удовлетворения потребности страны в стратегических металлах. Ряд технологических разработок приобретен и освоен фирмами США, Австрии и Индии. На основе экстракционной технологии на ОАО «Комбинат Североникель» в 1999 г. было организовано производство высокочистых солей кобальта. Сейчас эти работы развиты в направлении получения особо чистого кобальта, использование которого в жаропрочных сплавах взамен рядового металла обеспечивает существенное повышение устойчивости изделий к разрушению. Здесь же активно продолжается освоение экологически чистых гидрометаллургических технологий производства меди и никеля и регенерации серной кислоты, Разработаны технология переработки отходов горнопромышленных производств Северо-Запада России с получением новых, не уступающих лучшим мировым образцам, сварочных материалов для строительства магистральных нефте- и газопроводов из хладостойких сталей повышенной категории прочности с использованием наноразмерных компонентов сварочных материалов и плавяных минеральных сплавов, а также комплекс технологических схем переработки бадделейтового



концентрата, низкосортных бадделейтовых продуктов и техногенных отходов, объединенных единым инженерным решением, с получением товарного бадделейтового порошка повышенного качества и редко-металлических концентратов со снижением вредных сбросов радионуклидов и сульфатов.

В последние годы большое внимание уделяется В.Т.Калинниковым разработке принципов и методов создания микро- и наноразмерных структур в монокристаллах и композитах на основе редких и цветных металлов для применения в электронной технике, катализе и в качестве сорбентов.

Более четверти века В.Т. Калинин посвятил делу развития интеллектуального, культурного и индустриального потенциала Мурманской области, выполняя наряду с исследованиями огромный объем научно-организационной работы. С 1985 г. он является Председателем Кольского научного центра РАН. Благодаря его энергии и инициативе, направленным на развитие кадрового и инженерно-технического потенциала, в Кольском научном центре были созданы четыре новых института, Инженерный центр порошковой металлургии, Научная база на архипелаге Шпицберген, опытные химические и обогащительные производства, уникальные экспериментальные полигоны для электро-технических и геофизических разработок прикладной направленности.

Как советник Губернатора Мурманской области по науке и технологиям, В.Т. Калинин внес большой вклад в становление трансграничного научно-технического сотрудничества в Баренцевом евроарктическом регионе. Особое значение его деятельность приобрела в годы реформ и модернизации всего хозяйственного уклада страны и ее северных регионов. Его трудами во многом определены пути и перспективы успешного инновационного развития Мурманской области. Он был избран первым председателем Комитета по науке при Совете Баренц-региона (1993-1997 гг.), входил в состав Координационного совета по реализации проекта ООН «План действий по развитию региона Баренцева моря» (1996-1998 гг.). В 2004 г. В.Т. Калинин назначен Председателем Координационного совета Мурманской области по научно-технической и инновационной политике при Правительстве Мурманской области. Благодаря его настойчивости в городе Апатиты в 2003 г. возник «Технопарк Апатиты», а в 2004 г. «Кольский центр трансфера технологий», что создает

предпосылки для инновационного развития города и региона.

В.Т. Калинин проявляет большую заботу об укреплении кадрового потенциала региона. При его активном участии созданы первые в Мурманской области диссертационные советы, что способствует подготовке в регионе кадров высшей квалификации. С 1999 г. он возглавляет организованный в ИХТРЭМС диссертационный совет по защите кандидатских и докторских диссертаций по техническим наукам по специальностям 05.16.02 - «Металлургия черных, цветных и редких металлов», 02.00.01 - «Неорганическая химия», 25.00.36 - «Геоэкология». За время действия совета рассмотрено 41 работа на соискание ученой степени кандидата и 3- на соискание ученой степени доктора наук.

Под руководством В.Т. Калиникова сформировалась Кольская химическая школа изучения фундаментальных основ создания новых материалов с улучшенным комплексом физико-механических характеристик на основе редкометаллического сырья, поддерживаемая с 2000 г. грантами Правительства и Президента РФ. Ядро школы составляют его ученики, защитившие 35 кандидатских и 5 докторских диссертаций. Школа получила мировое признание, ее представители приглашаются для выполнения совместных исследований в ведущие организации развитых стран, а научный лидер школы В.Т. Калинин избран в 2000 г. действительным членом Российской академии наук.

Педагогическую деятельность В.Т. Калинин начал, будучи еще аспирантом. Затем в течение 16 лет он вел курсы общей химии и ряд спецкурсов в Московском физико-техническом институте, читал лекции по результатам своих исследований в университетах США: Северной Каролины, Пенсильванском, Стенфорда, Беркли, Браун (Рой Айленд), Массачусетском технологическом институте, в университетах Японии, Швейцарии, Финляндии, Норвегии.

При участии В.Т. Калиникова в городе Апатиты организованы Кольский филиал Петрозаводского (КФ ПетрГУ) и Апатитский филиал Мурманского государственного технического (АФ МГТУ) университетов.

С целью привлечения талантливой молодежи к научной работе в системе РАН, наиболее эффективного использования научно-технического потенциала института и омоложения научных кадров в 2001 г. В.Т. Калинниковым на базе ИХТРЭМС в АФ МГТУ была создана кафедра



химических технологий, преобразованная затем в кафедру химических технологий и строительного материаловедения. Студенты получают серьезную профессиональную подготовку по всему спектру химических дисциплин (аналитической, коллоидной, физической, квантовой химии, электрохимии, кристаллохимии, химической технологии, моделированию технологических процессов, неравновесной термодинамике, физико-химическим основам металлургических процессов, физическим методам исследования вещества и другим). В распоряжении студентов-химиков в АФ МГТУ находятся не только учебные аудитории и специализированные кабинеты кафедры химических технологий, но и современная научная аппаратура исследовательских лабораторий ИХТРЭМСа.

Кроме того, кафедра является базой для проведения практических и лабораторных занятий студентов Апатитского филиала Санкт-Петербургской инженерно-экономической академии (ИНЖЭКОНа) и Кольского филиала Петрозаводского государственного университета. Профессор В.Т. Калинин является членом ученых советов данных университетов, при его участии с 2004 г. в МГТУ началась подготовка студентов по специальности «Промышленное и гражданское строительство». Финансирование, выделяемое на поддержку кафедры по программе РАН «Поддержка молодых ученых», позволило улучшить оснащенность кафедры учебно-научным оборудованием применительно к задачам учебного процесса. В частности, при поддержке программы создан и получил развитие учебно-методический компьютерный центр, приобретено оборудование, материалы и реактивы для проведения лабораторных и практических работ. В 2005 г. В.Т. Калинин возглавил кафедру химии в Кольском филиале Петрозаводского государственного университета. Ежегодно под научным кураторством В.Т. Калиникова и при его участии проводится научная школа для молодых ученых «Комплексность использования минерально-сырьевых ресурсов - основа повышения экологической безопасности региона».

В 2001 г. г. академик В.Т. Калинин вошел в состав Президиума Российской академии наук и был назначен Заместителем Председателя Совета по координации деятельности региональных отделений и региональных научных центров РАН.

В.Т. Калинин является членом Бюро Отделения химии и наук о материалах РАН, Совета директоров институтов РАН, главным

редактором журнала «Координационная химия», членом редколлегии журналов «Неорганическая химия» и «Химическая технология», членом совета учебно-методического объединения университетов России по классическому химическому образованию, входит в состав Научных советов РАН по металлургии и материаловедению, по наноматериалам, по химической технологии.

Достижения В.Т. Калиникова в развитии российской науки и технологического потенциала страны отмечены государственными наградами Российской Федерации - орденами «Почета» (1995 г.) и «Дружбы» (1999 г.), «За заслуги перед Отечеством» IV степени (2007 г.), он удостоен звания «Заслуженный деятель науки РСФСР» (1986 г.). В 2005 г. ему присвоено звание «Почетный гражданин города Апатиты», в 2008 г. «Почетный гражданин Мурманской области». Все это не только высокая оценка его многогранной и плодотворной деятельности, научных достижений созданной им научной школы, но и признание важной роли возглавляемого В.Т. Калиниковым Кольского научного центра в развитии фундаментальной науки, производительных сил Северо-Западного региона, укрепления международного научного сотрудничества с сопредельными государствами и подготовке научных кадров высшей квалификации.



ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ НАУЧНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ В.Т. КАЛИННИКОВА

Магнетохимия неорганических соединений

Среди работ В.Т. Калининкова особое значение имеют фундаментальные исследования по магнетохимии неорганических соединений и базирующиеся на них методологические разработки, обеспечивающие расширение областей применения в неорганической химии и материаловедческих исследованиях магнетохимического метода контроля свойств полупроводниковых и сегнетоэлектрических материалов.

Им разработана современная теоретическая основа создания магнитных диэлектриков и полупроводников на основе кристаллических и стеклообразных оксидов и халькогенидов. Выполнен комплекс исследований, посвященных изучению диаграмм состояний систем, включающих соединения со структурой шпинели, граната, магнетоплюмбита и перовскита; магнитных полупроводников на основе халькохромитных шпинелей типа $A^n C_r X_n$ ($A^n = \text{Cd, Zn, Hg, Cu, Fe}$; $X = \text{S, Se}$) и стекло (оксидных, халькогенидных, галогенидных, с водородной связью, аморфных металлов и проводников), предложены высокоэффективные способы получения нового класса материалов с целенаправленно варьируемыми свойствами для использования в магнитоуправляемых модуляторах лазерного излучения, монолитных интегральных микроволновых и полупроводниковых схемах на едином кристалле, в устройствах оптической памяти электронной и СВЧ техники. За эти разработки он был удостоен премии РАН им. Н.С. Курнакова за 1987 г.

Электронное и геометрическое строение координационных соединений в модели углового перекрытия

Существенное влияние на развитие химической науки оказали работы В.Т. Калининкова, посвященные экспериментальным и теоретическим исследованиям комплексов переходных металлов, интерес к

которым вызван главным образом тем, что d-оболочки этих металлов обуславливают поразительное разнообразие структур и свойств координационных соединений.

В ходе этих работ, охватывающих десятки классов моно- и полиядерных комплексов с моно- и полидентатными лигандами различных типов, выявлен ряд новых малоизученных явлений. Для достижения максимальной информативности и достоверности результатов было необходимо не только охватить широкие классы специально подобранных объектов и комплексно использовать современные физические методы (определение статической магнитной восприимчивости в широком интервале температур, электронный парамагнитный резонанс, в том числе в растворах и в магнитно-разбавленных монокристаллах, электронную спектроскопию, рентгенофазовый и рентгеноструктурный анализы и т.д.), но и создать теоретические модели, которые не только правильно описывают исследуемый класс явлений, но и обладают предсказательной способностью.

В результате на основе принципов квантовой химии и вариационной теории возмущений была разработана обобщенная модель углового перекрытия, позволяющая на основе простых аналитических формул и ограниченного числа калибровочных констант рассчитать электронное строение, оптические, магнитные, магнитно-резонансные и термодинамические свойства изолированных и обменно-связанных ионов переходных металлов в комплексах и неорганических кристаллах.

Разработанный метод открывает возможности для качественной селекции материалов с заданными ферромагнитными, оптическими и ферментационными (каталитическими) свойствами; прогнозные оценки свойств координационных металлоорганических соединений обеспечивают рациональную стратегию синтеза новых материалов для производства устройств магнитной памяти ЭВМ, оптоэлектроники, ферментов и других биомедицинских препаратов.

Основное содержание работы по этой тематике опубликовано более чем в 30 оригинальных статьях и обобщены в совместных с д.х.н. Ю.В. Ракитиным монографиях «Современная магнетохимия» (1994 г.) и «Модель углового перекрытия в теории строения соединений переходных металлов» (2000 г.). За данный цикл работ авторы были удостоены в 2000 г. премии РАН им. Л.А. Чугаева.



Материалы электронной техники на основе редких металлов

В настоящее время электронная техника составляет базу научно-технического прогресса. Успехи электроники очевидны в развитии всех отраслей промышленности и в значительной степени обусловлены достижениями в конструировании новых неорганических полупроводниковых и диэлектрических материалов. При этом диэлектрические материалы, в частности, сегнетозлектрические монокристаллы и керамика в первую очередь формируют все новейшие направления электронной техники.

Среди разнообразных материалов, обладающих сегнетозлектрическими свойствами, существенную роль играют кристаллы оксидных и фторидных соединений ниобия и тантала, разрабатываемые в лаборатории материалов электронной техники ИХТРЭМСа, возглавляемой В.Т. Калинниковым. Наиболее продвинутыми в этом отношении являются технологические разработки и исследования физических характеристик монокристаллов ниобата и танталата лития, завершившиеся строительством в городе Апатиты предприятия по росту монокристаллов. Основная часть продукции этого предприятия ориентирована на рынок акустоэлектроники.

Если XX век был веком технологий, основанных на процессах переноса электрического заряда, то XXI век, несомненно, будет веком оптических информационных технологий. В связи с этим огромную важность приобретает выяснение принципов формирования свойств монокристаллических оптических сред как твердых тел с дефектами.

Исследованиями В.Т. Калинникова вместе с сотрудниками его лаборатории впервые показано, что улучшить физические параметры кислородно-полиэдрических сегнетозлектриков, в частности, монокристаллов ниобата и танталата лития, каоля и других, можно, повысив степень структурного упорядочения катионной подрешетки, определяющую их нелинейнооптические свойства, путем легирования малыми концентрациями катионов, имеющих заряды, промежуточные между зарядами основных катионов. Явление структурного упорядочения в монокристаллах со структурной псевдоильменита и возникновение в них упорядоченных подрешеток дефектов при определенных малых концентрациях легирующих компонентов было обнаружено впервые.

В рамках совместного проекта с Институтом низких температур и структурных исследований Польской академии наук по спектрам комбинационного рассеяния, электронным спектрам поглощения и спектрам люминесценции были исследованы тонкие особенности структурного упорядочения, перестройки в электронной системе и оценены квантовые выходы люминесценции для монокристаллов ниобата и танталата лития, легированных различными катионами редкоземельных и переходных элементов в широком диапазоне концентраций, и показана перспективность данных монокристаллов для использования их в качестве активных лазерных сред.

Еще одним направлением создания новых электронных материалов, развиваемым В.Т. Калинниковым, является синтез и исследование сегнетозлектрических керамических твердых растворов на основе ниобатов танталатов щелочных металлов.

При проведении синтеза как индивидуальных соединений, так и твердых растворов ниобатов, танталатов щелочных металлов В.Т. Калинниковым с сотрудниками установлен многостадийный характер взаимодействия компонентов. Показано, что при синтезе твердых растворов с повышенным содержанием ниобия твердофазное взаимодействие носит сложный характер и приводит к образованию в значительном количестве фаз, в которых отношение щелочного металла к ниобию или танталу не равно единице. Это сопровождается возрастанием роли медленных диффузионных процессов при формировании структуры такого однородного твердого раствора. Установлен концентрационный диапазон существования фаз со структурой перовскита и псевдоильменита.

При исследовании концентрационных зависимостей диэлектрических свойств твердых растворов со структурой псевдоильменита сделано предположение, что их неомотонный характер обусловлен изменением степени дальнего и ближнего порядка при замещении в катионной подрешетке и дефектами, связанными с нарушением чередования катионов Li^+ и Nb^{5+} (Ta^{5+}) вдоль полярной оси.

Еще одной успешно решаемой в ИХТРЭМСе задачей является исследование соединений с нелинейно-оптическими свойствами - кислороднониобатов щелочных и переходных металлов, относящихся к числу наиболее перспективных материалов электронной техники. Привлекательной стороной таких фторидных материалов является

удачное сочетание хороших сегнетоэлектрических и нелинейных характеристик и большая прозрачность в УФ области спектра.

Характерной особенностью многих комплексных фторидов и оксифторидов ниобия и тантала является образование ими centrosимметричных, не обладающих сегнетоэлектричеством кристаллических структур из нецентросимметричных полиэдров, характеризующихся статическим ориентационным беспорядком в расположении полярных фрагментов структуры. Для получения нецентросимметричных кристаллических фторидных структур подобного типа, интересных с позиций сегнетоэлектричества, В.Т. Калининковым была выдвинута идея о том, что в соседних цепях октаэдров необходимо существенно уменьшить взаимное электростатическое влияние ионов ниобия друг на друга, например, внедрением между оксофторониобатными цепями экранирующих достаточно крупных изолированных ионных комплексов, имеющих отрицательный заряд. Руководствуясь этой идеей, в результате исследования комплексообразования ниобия в растворах фтористоводородной кислоты впервые были созданы новые молекулярноионные сегнетоэлектрические кристаллы с общей формулой $M_3Nb_3OF_{18}$ ($M = NH_4, K, Rb$).

Структура и свойства этих кристаллов были подробно исследованы методами рентгеноструктурного, дифференциально-термического анализов, генерации второй гармоники, колебательной спектроскопии (КРС и ИК) и оптическими методами. Подробно исследована термическая устойчивость этих материалов на воздухе и в различных инертных средах. Как оказалось, кристаллы $M_3Nb_3OF_{18}$ принадлежат к классу новых сегнетоэлектриков с общей формулой $Pb_3M_3X_{18}$ ($M = Al, Ti, V, Cr, Fe, Gd, W$ и др.; $X = O, F$). Очевидность существования этого класса соединений определилась только в последние годы после проведения тщательных исследований серии этих кристаллов в Лаборатории химии Исследовательского центра Университета г. Бордо (Франция).

Соединения этого типа в настоящее время являются пока единственными среди оксифторидов ниобия и тантала примерами нецентросимметричных структур, содержащих изолированные комплексы и бесконечные цепи оксофторониобатных октаэдров. Дальнейшее исследование этих новых сегнетоэлектрических материалов представляется несомненным интересом.

В последние годы под руководством В.Т. Калининкова развиваются работы по синтезу порошков сложных оксидов редких элементов IV-V групп Периодической системы и щелочных или щелочноземельных элементов заданного состава с целью разработки новых материалов с квантоворазмерными эффектами и миниатюризации изделий электронной техники. Предложен алгоритм и разработаны методы синтеза нано- и микроразмерных порошков стехиометрических метатитанатов стронция, бария, свинца, метаниобатов и метатанталатов щелочных элементов, твердых растворов на основе этих соединений, в том числе узких гранулометрических классов, а также способы получения эпитаксиальных пленок метаниобата и метатантала лития на изоструктурных подложках с использованием прекурсоров в виде истинных водно-пероксидных растворов этих соединений. Найден метод управления крупностью получаемых наноразмерных порошков.

Организация ОАО «Северные кристаллы»

В.Т. Калининковым была разработана и предложена оригинальная комплексная технология материалов электронной техники на основе ниобата и танталата лития, включающая переработку редкометалльного сырья, получение высокоочищенных материалов, синтез танталатов и ниобатов, выращивание монокристаллов. Данное предложение получило поддержку со стороны Министерства промышленности средств связи СССР, и ИХТРЭМСом было выделено дополнительное финансирование и штат сотрудников для развития работ по новому научному направлению «Материалы электронной техники».

В 1983 г. было принято решение о строительстве в городе Апатиты завода специальных материалов радиоэлектроники и создании Кольского филиала научно-исследовательского института коммутационной техники Ленинградского научно-производственного объединения «Северная Заря». Выданы исходные данные на проектирование завода и осуществлялось постоянное авторское сопровождение на всех стадиях.

Назначение предприятия - обеспечение электронной промышленности и особенно промышленности средств связи современными материалами, определяющими развитие таких отраслей, как бытовая электроника, все виды связи, военная техника, компьютерная техника,

оптоэлектроника и т.д. По своим техническим возможностям данное предприятие может освоить производство различных видов монокристаллических материалов электронной техники, выращиваемых по методу Чохральского. Примером являлось участие компании ОАО «Северные кристаллы» в международном проекте по обеспечению Европейского ядерного центра CERN (Швейцария) кристаллами вольфрамата свинца, что является основным вкладом Российской Федерации в данный проект.

Тесное сотрудничество В.Т. Калининкова и его сотрудников с предприятием осуществляется и в настоящее время. Один из последних проектов разработка метода синтеза особо чистого вольфрамата свинца, опытная партия которого изготовлена и успешно использована для выращивания монокристаллов.

Разработка принципов и методов создания микро- и наноразмерных структур в монокристаллах и композитах на основе редких и цветных металлов для применения в электронной технике, катализе и в качестве сорбентов

Данное направление активно развивается в рамках научной школы академика В.Т. Калининкова. Решаются целый спектр задач:

- получение новых материалов интегральной оптики с периодически поляризованными структурами на основе активно-нелинейных кристаллов ниобата и танталата лития, активированных редкоземельными ионами и сочетающих в себе одновременно активные (лазерные) и нелинейные свойства;

- исследование процессов получения методом VTE (vapor transport equilibration) однородных оптически совершенных слоев стехиометрического состава в номинально чистых и легированных монокристаллах ниобата и танталата лития для создания минилазеров и волоконных структур;

- формирование микро- и наноструктур в керамических пентаоксидах ниобия и тантала при воздействии высокоэнергетичных концентрированных световых потоков и разработка конструкционных материалов с низкими значениями температурного коэффициента линейного расширения;

- разработки технологии наноразмерных порошков сложных оксидов узких гранулометрических классов для нового класса нелинейных оптических материалов, а также электротехнической и оптической керамики, методов получения эпитаксиальных покрытий метатанталата лития на пластинах метаниобата лития большой апертуры, наноразмерных порошков оксида цинка для люминесцентной и варисторной керамики;

- разработка методов получения наноразмерных порошков диоксида титана, легированного иновалентными ионами, перспективных для фотокаталитической очистки стоков от органических, бактериальных, вирусных загрязнений и в других целях, активных в том числе в видимом диапазоне света;

- разработка наноструктурированных сорбентов на основе гидрофосфата оксититана, допированного другими элементами, с улучшенным комплексом физико-механических характеристик для извлечения цветных металлов и лантаноидов из производственных растворов и стоков;

- разработка методов получения наноразмерных порошков ферромагнитных металлов систем Fe-Co и Ni-Co и, возможно, некоторых других с заданным соотношением компонентов, обладающих особыми магнитными или каталитическими свойствами, на неметаллических матрицах;

- получение нанопорошков халькогенидов металлов V-VII групп Периодической системы методом механического легирования.

Физико-химические и технологические основы переработки алюмосиликатов

Энергия и целеустремленность В.Т. Калининкова способствовала реализации на практике ряда современных технологий. В результате многолетних исследований, проведенных под руководством В.Т. Калининкова и д.т.н. В.И. Захарова, по разработке научных основ новых направлений комплексной переработки щелочного алюмосиликатного сырья впервые было найдено простое и эффективное решение одной из самых сложных проблем в кислотной переработке нефелина - получение фильтруемых форм кремнеземных остатков. Разработанный способ универсален и используется в комплексных технологиях различных видов минерального сырья - эвдиалита, сынные

ритов, рисчорритов, шламов цветной металлургии и ряда других. Также было обосновано новое направление комплексной переработки апатито-нефелиновой руды, заключающееся в непосредственной, без операций выделения из нее нефелинового концентрата, переработке нефелинсодержащих отходов апатитового производства с получением глинозема, содопродуктов, аморфного кремнезема, фосфатных и калийных удобрений и последующем выделении из нерастворимого остатка химически очищенных концентратов сопутствующих минералов - сфена, титаномагнетита, эгирина, полевых шпатов.

Совместно с Государственным институтом азотной промышленности (ГИАП) разработана азотно-плазмохимическая технология нефелинсодержащего сырья - принципиально новый, не имеющий мировых аналогов, способ переработки смеси азотнокислых солей с получением алюминатов. Технология испытана на опытно-промышленной установке ОАО «Апатит», что позволило отработать в замкнутом цикле по всем переделам схемы кислотные методы переработки глиноземсодержащего сырья с получением целевых продуктов и регенерацией кислоты. По результатам испытаний выданы исходные данные для проектирования промышленного модуля, на основе которых ЛенНИИГипрохимом выполнен проект.

Под руководством В.Т. Калининкова разработана технология получения на основе нефелина нового эффективного реагента для очистки питьевых и сточных вод - алюмо-кремниевый коагулянт-флокулянт, содержащего в качестве активного компонента не только соли алюминия, но и растворенный кремнезем. Технология реализована на ОАО «Апатит», где организовано производство мощностью до 90 тыс.т реагента в год. Коагулянт-флокулянт используется при сгущении апатитового и нефелинового концентратов, очистке оборотных, шахтных и коммунальных вод, стоков животноводческих ферм. Реагент сертифицирован и испытан в процессах водоочистки во многих городах России.

В результате многолетних фундаментальных исследований кислотных методов переработки нефелинсодержащего сырья В.Т. Калининковым с соавторами впервые разработан неорганический кремнийсодержащий загуститель - компонент водосодержащего взрывчатого вещества (ВВ) типа «Акватол». На основе изучения процесса кристаллизации азотнокислых солей в водно-органических

системах впервые предложен рецептурный состав и технология получения водостойчивых водосодержащих взрывчатых веществ с пониженным содержанием тринитротолуола. Практически все неорганические компоненты этих ВВ могут быть получены на основе азотнокислотной технологии нефелина. Технология ведения взрывных работ с применением нового класса взрывчатых веществ внедрена на ведущих горнодобывающих предприятиях Мурманской области и Карелии с годовым объемом производства 13 тыс.т. Работа удостоена премии Правительства РФ в области науки и техники в 1997 г.

Физико-химические и технологические основы переработки титано-ниобатов

Под руководством В.Т. Калининкова и д.т.н. А.И. Николаева выполнены систематические исследования по обоснованию гидрометаллургических методов технологии нетрадиционного титанового и редкометалльного сырья. Накопленный опыт по переработке минерального сырья позволил выработать основные правила и принципы химической технологии для этих видов сырья.

Оптимальные схемы переработки комплексного титано-редкометалльного сырья, обеспечивающие экологическую чистоту химико-металлургических производств и полноту выделения ценных компонентов, являются комбинированными и базируются на применении целого комплекса традиционных и новых методов, включающих гидрометаллургические методы разложения кислотами в различных сочетаниях, выщелачивания, высаливания, экстракции, осаждения в сочетании с пирометаллургическими методами - обжигом, прокаливанием, сжиганием твердых и жидких полупродуктов и отходов.

Примером может служить комбинированная гидрометаллургическая схема переработки перовскита, которая включает использование азотной или соляной кислот на стадии разложения концентрата. Применение серной кислоты необходимо на стадии переработки обогащенного титанового продукта в титановый дубитель и/или пигментный диоксид титана и на заключительной стадии процесса, когда осуществляется регенерация и возврат в оборот соляной или азотной кислот. Другой пример комбинированной схемы - азотно-

гидрофторидная схема переработки лопаритового концентрата, рекомендуемая ИХТРЭМСом совместно с ЗАО «Росредмет», по которой подготовлен бизнес-план. Введение в схему дополнительных операций позволяет получать продукты более глубокой переработки.

С учетом многообразия типов титано-редкометаллического сырья региона В.Т. Калининским и его учениками в ИХТРЭМСе разработаны базовый пакет комбинированных схем гидрометаллургического передела, что позволяет в конкретной ситуации осуществить выбор оптимального варианта, отвечающего любым заданным критериям отбора: экономической эффективности, экологической безопасности, доступности реагентов, возможности получения продуктов требуемого ассортимента и качества. Пакет технологических схем переработки поликомпонентного титано-редкометаллического сырья переменного состава формировали с учетом данных по химии, технологии, экологии и экономики каждого варианта схемы. Именно совокупность данных для отдельных вариантов схем позволяет сравнивать их между собой и выбирать наиболее рациональные технологии для конкретного случая.

Основные ключевые операции вариантов технологий, предлагаемых к реализации, прошли успешную проверку в укрупненном лабораторном и опытно-промышленном масштабах с использованием производственной базы КНЦ РАН (г. Апатиты), опытного производства ЛНПО «Пигмент» (г. Санкт-Петербург, г. Челябинск), Приднепровского химического завода (г. Днепро-дзержинск), АО «Сиамет» (г. Силамья).

Результаты выполненных исследований были положены в основу научно-технического обоснования стратегии создания Кольского химико-технологического комплекса, предназначенного для обеспечения потребностей страны в титане, редких металлах и стратегических материалах на их основе. Конечное производство новых материалов планируется на малых предприятиях инновационного центра, созданного под руководством В.Т. Калининского при КНЦ РАН. Все разработки защищены патентами РФ. Именно наличие в регионе Кольского научного центра РАН, вузов, Некоммерческого Партнерства «Технопарк - Апатиты», Кольского центра трансфера технологий, возможность интеграции с действующими предприятиями являются залогом создания в ближайшем будущем в Мурманской области Кольского химико-технологического комплекса.

Технология химически очищенного бадделейтового концентрата

Совместно с АО «Ковдорский ГОК» разработаны и внедрены высокоэффективная технология и аппаратура по производству химически очищенного бадделейтового концентрата, являющегося в настоящее время единственным реально доступным источником циркониевого сырья в России. Технология позволяет проводить избирательное химическое разложение примесных минералов с последующим отделением продуктов реакции, что обеспечивает значительное снижение содержания радионуклидов и ряда регламентированных примесей в бадделейтовом концентрате, расширяет возможные области его использования и позволяет доводить до товарного качества партии концентрата, полученные из руды аномальной зоны месторождения и не соответствующие требованиям технических условий. Достигнутая удельная активность бадделейтового концентрата в три раза меньше, чем выпускаемого в ЮАР аналогичного продукта.

Гидрометаллургия медно-никелевого сырья

Работами ИХТРЭМСа обоснована и развивается концепция создания экологически безопасных малоотходных технологий, базирующаяся на поэтапной замене пирометаллургических технологий на современные гидрометаллургические. При этом предусматривается широкое использование экстракционных процессов, которые позволяют эффективно проводить не только выделение основных компонентов, но и обеспечивать регенерацию реагентов и комплексность использования сырья за счет вовлечения в переработку жидких и твердых отходов. В результате проведенных под руководством В.Т. Калининского исследований, применительно к решению производственных задач «Комбината Североникель» ОАО Кольская ГМК, разработан целый ряд новых гидрометаллургических экстракционных технологий, а также высокопроизводительное экстракционное оборудование, которые могут обеспечить решение задач получения широкого ассортимента кобальтовой продукции, выделения рения, осмия, регенерации серной кислоты, улучшения качества и сокращения ее потерь.

На «Комбинате Североникель» создана промышленная экстракционная установка, на которой по технологии ИХТРЭМСа произведено более 500 т карбоната кобальта, отправляемого в основном на экспорт. Очищенный раствор хлорида кобальта, получаемый на стадии экстракции, удовлетворяет требованиям для производства высококачественного электролитного кобальта марки К-0, используемого для получения различных сплавов и материалов. На основе выполненного ИХТРЭМС совместно с Кольской ГМК технологического регламента РАО «Норильский Никель» принято решение о создании в г. Мончегорске производства 2500 т металлического кобальта методом электроэкстракции.

*Научные основы снижения экологической опасности
горнопромышленных отходов и разработка
технологий их утилизации*

В последние десятилетия в связи с общемировыми тенденциями нарушения биосферы, особенно в таких экстремальных регионах как Евро-Арктический регион и Север России, расширился спектр исследований экологической направленности. Это нашло свое отражение не только в разработке более совершенных технологий, позволяющих полнее использовать минеральное сырье и снизить количество сбрасываемых в окружающую среду отходов, но и в том, что большое внимание было уделено анализу последствий хранения горнопромышленных отходов, разработке технологий их утилизации и обезвреживания опасных продуктов.

Как показано В.Т. Калиниковым с соавторами в цикле фундаментальных и прикладных исследований, повышение полноты использования и безопасности добычи и переработки минерального сырья предполагает:

анализ общих проблем взаимодействия промышленных объектов с природной средой с учетом тенденций в динамике состояния минерально-сырьевой базы и влияния горнопромышленных отходов на окружающую среду;

анализ состояния и возможности вовлечения в переработку техногенных месторождений, повышение комплексности использования

минерального сырья;

исследование физико-химических процессов в горнопромышленных отходах, их влияния на технологические свойства техногенного сырья и окружающую среду;

разработку научных основ создания геохимических барьеров для очистки сточных и природных вод от растворенных цветных металлов; создание технологий переработки горнопромышленных отходов в строительные и технические материалы.

Была разработана классификация горнопромышленных отходов по степени их экологической опасности. Установлено, что особую опасность представляют горнопромышленные отходы, содержащие сульфиды тяжелых металлов и железа. Эти минералы в процессе хранения окисляются с образованием серной кислоты и сульфатов, причем скорость их окисления намного выше, чем в природных месторождениях, не затронутых техногенными процессами. В отличие от зарубеж-



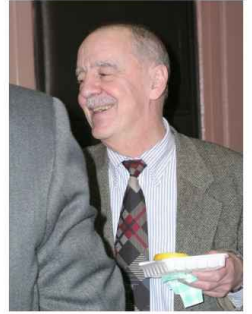
Фотоальбом











*Владимиру Профимовичу
от друзей*

В.Т.КАЛИННИКОВУ в год LXX-летия

Года так к планке подошли
С Москвы виднелись дали зримо:
Химфак, ИМЕТ, МФТИ
И Курнаковский ИОНХ родимый.
 Академический размах...
 Статей, патентов, монографий.
 Награды, званья не пустяк...
 Влались в строй судеб, биографий.

Треть жизни это наш ИХТРЭМС:

Его сырьё и материалы.

Как по наитию творец

Взял Ка эн Цэ в потенциалы.

 А кроме КНЦ есть РАН

 С Советом разных регионов:

 Наука это как дурман,

 А время мчит к свершеньям новым.

О бронзе стоит говорить?

Ведь Юбилей для нас отрада.

Всё налицо к чему хитрить?

Дел выше крыше вот награда.

Д.Мотов, 2005 г.

* * *

Есть в Апатитах дом казенный,

Три вывески на доме том,

А в нем сидит Совет ученый,

Сравнимый с пушкинским котом.

Как кот, он на цепочке ходит

И часто сказки говорит,



Там чудеса, там Громов бродит
И Мотов за столом сидит.

Там только клич начальник кликнет,
(Когда вдруг надобность возникнет
В ниспровержении основ)
И тридцать витязей прекрасных
Спешат из кабинетов разных,
И с ними дядька Поляков.

Там Балабанов величавый
Научной мысли зрит полет,
Там Воскобойников лукавый
Вопрос наивный задает.

Ракин пылкой страстью пышет
На стыке множества наук,
А Фрейдин ничего не слышит -
Он развлекает Печенюк.

Там Авсарагов благородный,
Басков, Калинин и Скалкин,
Там Касиков, богам угодный,
Седой Орлов, брюнет Локшин.

Там элегантнейший Макаров
Блестит ученостью своей.
Читатель рифмы ждет «Захаров»,
"На вот, возьми ее скорей."

А во главе сего собрания
Не млад, но вовсе и не стар,
Владеет нервом заседания
Наш достославный юбиляр.

Он разбирается отменно
В потоке институтских нужд,
В науке видит суть проблемы
И чувства юмора не чужд.



Его известность побеждает
И океаны, и моря,
Планета дружно отмечает
Рождение богатыря -
Двадцать седьмое ноября.

Б.Фрейдин, к LX-летию В.Т.К., 1995 г.

Письмо к другу

Ну что тебе сказать про институт?
Здесь, в принципе, нормальная работа:
В нём есть глава и в мире его чтут
С заслугами и орденом Почета.

Об этом можно долго говорить, -
На свете неспокойно как-то стало ...
И в Центре не приходится тужить
Проблемы возникают непрестанно.

О чём теперь мечтается во сне?
Чтоб годы шли, морщин не оставляя.
На Кольском и в столице, в тишине
Достоинно жить, трудясь и созидая.

И вот сегодня просто, без затей,
Впервые с сотворенья Института,
Его главе справляем Юбилей
В день Нобеля им искорка раздута.

Д. Мотов к LX-летию В.Т.К., 1995 г.

Стихи, поздравленья текут как вода,
При этом я должен сказать:
Не слишком удобно считалось всегда
Начальству стихи посвящать.



Когда раздается словесная трель,
Изысканных рифм пируэт,
Все думают втайне: какую же цель
Преследует этот поэт?

Про эти стихи так подумать нельзя,
Другая у строчек цена,
Поскольку моя трудовая стезя
Практически завершена.

В душе уваженье большое храня,
Я как-то почувствовал вдруг,
Что Вы не начальник совсем для меня,
А старший товарищ и друг!
Сказать Вам об этом сегодня пора,
Стесняться совсем ни к чему:
Вы сделали мне очень много добра,
И знаю, не мне одному.

Направлен всецело на благо людей
Ваш самоотверженный труд,
Развитием, ростом, и статью своей
Обязан Вам наш Институт.

Да, крупный ученый, весомый успех!

Но все это от того,
Что Вы - настоящий Большой Человек,
И это важнее всего.

Большой Человек (так давно повелось)
Живет и творит для людей.
Ему неизвестны ни зависть, ни злость,
Он полон высоких идей.

Я Вас поздравляю, желаю побед!
Пусть будет Вам в жизни тепло!
Мне быть с Вами рядом почти тридцать лет
Существенно повезло!

Б.Фрейдин, к LXXV-летию В.Т.К., 2010 г.



1. Введение в магнетохимию. - М.: Наука, 1980 г. - 302 с.
2. Современная магнетохимия. - С.-Пб.: Наука, 1994. - 287 с.
3. Химико-технологические основы и разработка новых направлений комплексной переработки и использования щелочных алюмосиликатов. Ч.1. Краткая характеристика сырьевой базы. Обзор способов переработки. Азотнокислотные методы. - Апатиты: Изд-во КНЦ РАН, 1995 г. - 177 с.
4. Математическое описание некоторых свойств расплавов базальтоидного состава. - Апатиты: Изд-во КНЦ РАН, 1999. - 105 с.
5. Математическое описание некоторых свойств металлургических шлаков. - Апатиты: Изд-во КНЦ РАН, 2000. - 139 с.
6. Гидрометаллургическая комплексная переработка нетрадиционного титано-редкометалльного и алюмосиликатного сырья. - Апатиты: Изд-во КНЦ РАН, 1999. - 225 с.
7. Модель углового перекрытия в теории строения соединений переходных металлов. - Апатиты: Изд-во КНЦ РАН, 2000. - 306 с.
8. Сегнетоэлектрические твердые растворы на основе оксидных соединений ниобия и тантала: синтез, исследование структурного упорядочения и физических характеристик. - С.-Пб.: Наука, 2001. - 299 с.
9. Процессы упорядочения в сегнетоэлектрических кристаллах и их проявление в спектрах комбинационного рассеяния света. - Апатиты: Изд-во КНЦ РАН, 2001. - 158 с.
10. Физико-химические процессы в сульфидосодержащих горнопромышленных отходах. - Апатиты: Изд-во КНЦ РАН, 2002. 163 с.
11. Ниобат лития: дефекты, фоторефракция, колебательный спектр, поляритоны. - М.: Наука, 2003. - 250 с.
12. Ниобат и танталат лития: фундаментальные аспекты технологии. Монография. - Апатиты, ЗАО КаэМ, 2005. -108 с.
13. Разработка технологий получения и использования взрывчатых веществ на основе продуктов кислотной переработки нефелинсодержащего сырья. -10.85 усл.п.л. (122 с.).
14. Синтез сегнетоэлектрических и люминесцентных сложных оксидов редких элементов. - Апатиты: Изд-во КНЦ РАН, 2009. -153 с.

- Ракитин Юрий Васильевич** - д.х.н., Москва, 1983 г.
Обменные взаимодействия в полиядерных комплексах переходных металлов.
- Еремко Игорь Леонидович** - д.х.н., Москва, 1986 г.
Гетерометаллические магнитноактивные кластеры переходных элементов.
- Новоторцев Владимир Михайлович** - д.х.н., Москва, 1988 г.
Магнетохимия обменных кластеров и магнитных полупроводников.
- Аминов Тельман Газизович** - д.х.н., Москва, 2002 г.
Синтез и магнитные свойства сложных халькогенидов хрома.
- Гуцол Александр Федорович** - д.х.н., Москва, 2000 г.
Исследование и оптимизация теплообмена в технологических плазменных потоках.
- Колосов Валерий Николаевич** - д.х.н., Москва, 2006 г.
Исследование и разработка электролитических сверхпроводящих материалов на основе ниобия.
- Иарисов Таваккал Чупанович** - к.х.н., Москва, 1975 г.
Синтез и исследование димерных антиферромагнитных карбоксилатов переходных элементов первого периода.
- Элерт Ольга Георгиевна** - к.х.н., Москва, 1981 г.
Магнетохимия новых классов полиядерных соединений переходных металлов.
- Левшин Владимир Алексеевич** - к.х.н., Москва, 1981 г.
Получение селенохромита рути и твердых растворов на его основе и исследование физических свойств.
- Оразсахатов Байрама** - к.х.н., Москва, 1981 г.
Синтез гетероядерных серусодержащих кластеров на основе антиферромагнитного серусодержащего хрома со связью металл-металл.
- Шабунина Галина Георгиевна** - к.х.н., Москва, 1981 г.
Физико-химические основы получения монокристаллов ферромагнитной шпинели $CdCr_2Se_4$, из области ее первичного выделения.
- Касумов Рашид Джаббар оглы** - к.х.н., Москва, 1982 г.
Теория и экспериментальное исследование спектров ЭПР низкосимметричных комплексов двухвалентной меди.
- Индосова Виктория Марковна** - к.х.н., Москва, 1982 г.
Физико-химические основы получения монокристаллов и пленок.



халькохромитов железа, кобальта и кадмия и исследование их свойств.

Волков Вячеслав Владимирович - к.х.н., Москва, 1982 г.

Тзотропные обменные взаимодействия в полиядерных комплексах со сложными мостиковыми лигандами.

Филатов Андрей Викторович - к.х.н., Москва, 1983 г.

Влияние химического состава на магнитные и электрические свойства твердых растворов $Hg_{1-x}Zn_xCr_2Se_4$.

Аракелян Заруи Согомоновна - к.х.н., Москва, 1983 г.

P-T-x фазовые диаграммы и термодинамические свойства селенидов хрома и ртути, селенохромитов ртути и кадмия.

Менщикова Татьяна Константиновна - к.х.н., Москва, 1983 г.

Физико-химические основы получения соединений Cu_3VS_4 и CuV_2S_4 .

Очертянова Любовь Ивановна - к.х.н., Москва, 1986 г.

Нестехиометрия и свойства ферромагнитного полупроводника тетраселенида дихрома-кадмия.

Палатников Михаил Николаевич - к.х.н., Москва, 1990 г.

Синтез и свойства сегнетоэлектрических твердых растворов на основе ниобатов-танталатов щелочных металлов.

Куншина Галина Борисовна - к.х.н., Москва, 1991 г.

Разработка технологии твердого электролита и электродных $RbCu_xCl_{1-x}I_x$ композиций на его основе.

Колесникова Ирина Григорьевна - к.т.н., Апатиты, 1997 г.

Получение сплавов медь-фосфор с использованием апатитового концентрата.

Удалова Инна Анатольевна - к.т.н., Апатиты, 1999 г.

Разработка новых способов синтеза сегнетоэлектрических материалов на основе соединений ниобия, тантала и титана.

Белогурова Ольга Александровна - к.т.н., Апатиты, 2003 г.

Вмещающие породы солчезерского хромитового месторождения - сырье для производства огнеупоров.

Тихомирова Елена Львовна - к.т.н., Апатиты, 2003 г.

Гидрофторидный метод синтеза соединений переходных металлов.

Бирюкова Ирина Викторовна - к.т.н., Апатиты, 2005 г.

Высокотемпературный синтез и модификация свойств сегнетоэлектрических монокристаллов и шихты ниобата и танталата лития.

Стародуб Ольга Ростиславна - к.х.н., Москва, 2007 г.

Магнитные и термодинамические свойства циклов и бесконечных цепей с изотропным обменом.

