

Томское отделение Российского минералогического общества  
Томский государственный университет  
Кафедра минералогии и геохимии



# **МИНЕРАЛОГИЯ, ГЕОХИМИЯ И ПОЛЕЗНЫЕ ИСКОПАЕМЫЕ АЗИИ**

**Выпуск 2**

Томск  
2013

Первое обобщение материалов по железорудным месторождениям Западной Сибири убедило М.А. Усова (1933), что большинство из них сложено магнетитовыми рудами, локализованными в скарновых контактовых зонах интрузивных массивов. Этот вывод впоследствии подтвердился, так как месторождения этого типа играют главную роль в составе железорудной базы сибирской металлургии.

В связи с этим во всех работах Ивана Кузьмича огромное значение придавалось рудам, в том числе железу. Одновременно под его руководством ежегодно расширялись исследования железорудных месторождений Алтае-Саянской горной системы.

Таким образом, приведенные примеры свидетельствуют о многогранности и результативности производственной и научной деятельности Ивана Кузьмича, нацеленной на решение проблем укрепления минерально-сырьевой базы Сибири.

Наряду с этим Иван Кузьмич постоянно уделял внимание разработке и внедрению новых методов исследования и поисков полезных ископаемых. В частности, он первым в Сибири начал использовать рассеянные элементы-примеси для корреляции магматических комплексов, определения связи оруденения с интрузивными образованиями и минералого-геохимического картирования месторождений. С целью более широкого внедрения геохимических методов в поисковые и разведочные работы по инициативе Ивана Кузьмича с конца двадцатых годов начали создавать спектральные лаборатории. Первая из них была создана в ТГУ. Это происходит почти одновременно с разработкой и внедрением шлихового метода поисков. В связи с этим можно сказать, что Иван Кузьмич является основоположником Сибирской школы геологов-геохимиков – Учителем в самом высоком значении этого слова.

Однако с каких сторон мы бы не рассматривали Ивана Кузьмича (ученого, геолога, учителя), он был Человек с большой буквы, и главное для него было делать людям добро. Для каждого из них он не жалел сил, времени и доброго слова.

## **РАЗВИТИЕ ИДЕЙ И.К. БАЖЕНОВА В МИНЕРАЛОГИИ И ГЕОХИМИИ**

**А.В. Мананков**

*Томский государственный университет, г. Томск  
e-mail: mav.39@mail.ru*

Статья посвящается 120-летию со дня рождения профессора И.К. Баженова – создателя и основоположника минералого-геохимического направления сибирской школы геологов. Его заслуги перед наукой, государством и в воспитании целого поколения учеников, востребованных специалистов и ученых в разных областях кристаллохимии, кристаллофизики, минералогии и геохимии, высоко оценены правительством страны.

Иван Кузьмич Баженов обладал исключительной научной прозорливостью и своей жизнью старался ежедневно доказывать, что «невозможное возможно» даже в виде открытия новых месторождений и непредсказуемых технологий, значительно опережающих время. Один впечатляющий пример. Сейчас перспективы освоения нанотехнологий еще далеко не осознаны обществом. В 1959 г. Р. Фейнман в своей знаменитой лекции выразил надежду, что человек скоро научится контролировать материю на атомном и молекулярном уровне [16]. Профессор ТГУ И.К. Баженов уже десятилетия до этого изучал свою любимую материю (от кристаллов, минералов и руд до месторождений и литосферы) на молекулярном и атомном, т.е. геохимическом уровне. Ярким доказательством этого является уникальная для мировой практики комплексная технология получения глинозема высшей марки и побочных продуктов (сода, поташа, порландцемент, а также галлия и пр.) из нетрадиционного сырья – уртитов Кия-Шалтырского месторождения, открытого И.К. Баженовым. Научные основы этой технологии разработаны в Томском госуниверситете И.К. Баженовым и химиком, профессором А.П. Бунтиным [9]. Правительством СССР 5 июля 1955 г. было принято Постановление о создании в Красноярском крае горнометаллургического комплекса: нефелиновый рудник – глиноземный завод (г. Ачинск) – алюминиевый завод – металлургический завод (г. Красноярск) – Красноярская ГЭС.

Профессор И.К. Баженов первым показал значение редких и рассеянных элементов для генетической минералогии, металлогении и петрологии. Он всячески старался развить у молодых сотрудников интерес к систематическому поиску *научных новостей* и овладению *новыми методами* изучения материи (от оптических, спектральных и рентгеноструктурного до изотопных) как носителями новой информации. Современная минералогическая интервенция в микро- и наномир [5, 10, 11] представляется еще одним примером реализации идей И.К. Баженова. Лично меня он начал привлекать к переводу двух иностранных минералогических журналов уже на втором курсе, а позже заинтересовал перспективами физической геохимии и создания научных основ комплексного использования минерального сырья. Дипломную работу я делал на кафедре по Тейскому железорудному месторождению, первооткрывателем которого является И.К. Баженов. После окончания вуза я остался на кафедре. Пришлось, опять по совету профессора, набираться нужных знаний, получить к диплому геохимика еще образование по физической химии и прикладной математике. В целом оказалось, что я учусь всю жизнь. А Иван Кузьмич все время меня как бы ведет, и регулярно ждет встречи и результатов. Где-то весной 1981 г. Иван Кузьмич подарил мне красивый цветок – «Невесту», которая цветет почти все лето благородными белыми букетами, напоминая о прекрасном человеке.

Проходит время, а идеи Учителя живут и раскрываются все новыми гранями. Одна из таких граней связана именно с теоретической и экспериментальной базой для наноминералогии и новых материалов. Профессор, анализируя будущее, рассуждал о физической ограниченности ресурсов, и ориентировал нас на разработку научных основ комплексного

безотходного использования минерального сырья. Благодаря настойчивости И.К. Баженова в Томском госуниверситете с 1972 года ведутся прикладные и фундаментальные исследования в области физической геохимии многокомпонентных силикатных систем. Результаты этих работ имеют теоретическое и практическое значение. Мне удалось создать новое научное направление «Физико-химические основы интенсификации и повышения эффективности процессов фазовых переходов при комплексном использовании горных пород и техногенных отходов».

В рамках этого направления выполнены фундаментальные исследования по развитию теоретических представлений о роли межфазных явлений на границе раздела фаз на стадиях зародышеобразования и роста кристаллов. Установлены физико-химические закономерности формирования наноструктур в материалах для медицины. Установлены технологические приемы интенсификации и повышения эффективности процесса синтеза петро- и шлакоситаллов класса сикамов (полифункционального назначения для отраслей промышленности, строительства, новой техники).

Основные научные результаты: 1) Разработаны с помощью золь-гельного метода нанокерамики  $\beta$ -волластонит – гидроксипатитового состава для всех слоев зуба (базисного, дентинного и эмалевого) и для реставрации костной ткани. 2) Экспериментально установлены кинетические особенности *спинодального распада* в метасиликатных системах  $Na_2O-CaO-MgO-FeO-Fe_2O_3-Al_2O_3-SiO_2$ . На их основе предложены механизмы фазовых превращений на стадии зародышеобразования в субмикроструктурных и наноструктурных материалах и способы контроля качества ситаллов. 3) Разработаны *петрохимическая и геохимическая классификации* твердых промышленных отходов предприятий бывшего СССР с целью предварительной оценки их комплексного безотходного использования. 4) Разработаны минералого-геохимические и физико-химические критерии ресурсосберегающих *экологически безопасных технологий* получения стеклокристаллических материалов, получивших название «сикамы». Последние принципиально отличаются от каменного литья и ситаллов других научных школ мономинеральным составом, что обуславливает резкое увеличение скорости кристаллизации, значительно меньшую энергоемкость и повышение эксплуатационных свойств. 5) Синтезирован новый полиморф в системе  $CaO-SiO_2$ , названный *трансоволластонитом (Т-волластонитом)*. 6) Осуществлена правовая защита новшеств, получено более 40 авторских свидетельств и патентов РФ и международных.

Технический прогресс общества невозможен без внедрения новых размерно-структурных модификаций материалов и минералов (как было в свое время с техническими алмазами). Более 10 лет в России обсуждаются проблемы создания новой отрасли – технологии нанодисперсных систем, способной производить наноматериалы (НМ), необходимые для обеспечения прогресса и модернизации всех областей современной науки и техники. Нанотехнологии (НТ) во всем мире являются *прорывной отраслью* экономики. Практически во всех промышленно развитых странах мира созданы специальные

государственные программы и госструктуры. Реализация программ приносит ожидаемые плоды. Так, доля наукоемкой продукции на рынках Японии около 30 %, США – 36 %, а доля в России около 1 %. Для преодоления такой ситуации в стране в 2001 году создается Концерн «Наноиндустрия». Он представляет стратегические интересы созданного ранее «Международного фонда конверсии» (ИНАТ МФК). Начинает функционировать национальная ассоциация наноиндустрии. Но негативно сказываются плоды прошлых лет, приведшие к застою науки. Даже если происходит какой-то научный прорыв – его выгодней и продать, и реализовать на Западе. Для более серьезного расширения исследований в 2008 г. разработана государственная Программа развития наноиндустрии до 2015 г.

Медицина в жизни общества не является исключением. Здесь (с теми же издержками) формируются междисциплинарные исследования для понимания процессов в живом организме на атомно-молекулярном уровне. Живая природа умеет создавать наномашинны – каждая живая клетка содержит их в большом количестве. Работают эти наномашинны исключительно эффективно и надежно при сохранении механической целостности и гомеостаза в условиях разнообразных химических воздействий. Для доказательства удивительной эффективности приведу пример. Так, флагеллярные моторы бактерий, имея размеры всего около 45 нм, могут вращаться с частотой 1700 Гц! В лабораториях уже создаются, пока еще не такие совершенные, устройства (Броуновские молекулярные моторы), которые (как полагают теоретики) позволят открыть даже непредсказуемые пока возможности для человечества.

Результаты междисциплинарных изучений направлены на развитие нового направления в медицине – **наномедицины**. Оно ориентируется на решение двух взаимообусловленных проблем. С одной стороны, создаются *НТ* и *НМ* для применения в **лечебно-оздоровительной** практике: от ортопедической хирургии и стоматологии до онкологии и клеточной терапии. А с другой, активно изучается эффект воздействия всех новых *НМ* на органы и системы человеческого организма, при этом создавая основы **нанотоксикологии**.

В развитых странах *НМ* применяются в стоматологии, ортопедической хирургии при переломах костей, разрывах связок, сухожилий, диабете и т.п. В стоматологической практике широко внедряются фарфоровые массы и ситаллы. На рынке известностью пользуются составы Японии, Германии, США и др., а также стоматологические составы «Гамма» и ситаллы марки «Сикор» России. В качестве альтернативы в течение ряда лет нами разработаны и внедрены составы всех слоев (базисный, дентинный и эмалевый) для металлокерамических зубных протезов из природного минерального сырья месторождений Сибирского региона. Новая отечественная керамика получила правовую защиту и клиническую практику [3, 4, 13].

Для костной хирургии в России и развитых странах заслуженным авторитетом начинают пользоваться синтетические минералы:  $\beta$ -волластонит ( $\beta$ -*Vol*) и гидроксипатит (*HA*). Начало было положено нами в НИЛ кинетики минералообразования и кристаллофизики ТГУ. Установив минеральный состав костной и зубной ткани, мы начали получать эти минералы (метасиликат

кальция и гидрофосфат кальция) золь-гельными способами. Существующая сегодня биокерамика разделяется на: инертную (например,  $ZrO_2$ ,  $Al_2O_3$  и др.), поверхностно-активную (биостекла) и резорбируемую, т.е. растворимую или прорастающую костной тканью (апатит и трикальцийфосфат).

Гидроксиапатит является структурным аналогом главной неорганической составляющей костной и зубной тканей. Этот минерал имеет тот же химический состав, свойства и, наконец, он биологически совместим. Добавки наноигльчатого волластонита необходимы для понижения температуры спекания, что способствует сохранению нанокристаллов *HA*, которые без  $\beta$ -*Vol* теряют гидроксильную группу и превращаются в трикальцийфосфат. Еще один положительный эффект от присутствия волластонита связан с тем, что он обладает более высокими физико-механическими свойствами и потому повышает в целом прочность двухфазной нанобиокерамики. Полученные нами к 1995 году экспериментальные результаты позволили убедиться в эффективности этого имплантата для больных сахарным диабетом [12, 15].

Новая отечественная нанобиокерамика получила правовую защиту и клиническую практику [5, 12, 13]. Масштабы проделанных исследований оказались достаточными для оформления и успешной защиты на медицинский науки в 1998 г. двух докторских, а в последующие годы и ряда кандидатских диссертаций.

В США подобные исследования начались несколько позже. Там приоритет принадлежит Массачусетскому технологическому институту, где разработали нанокристаллический гидроксиапатит. Этот синтетический минерал применяют без добавок  $\beta$ -*Vol* в ортопедической хирургии при переломах костей и шейки бедра взамен металлических протезов. С 2001 года фирма Angstrom Medica Inc. начала производить для ортопедии структурные синтетические кости из *HA* с помощью *HT*. Таким образом, в ТГУ созданы основы теоретической базы, коммерциализация которых в состоянии обеспечить конкурентоспособность на мировом рынке *HM* в ортопедической хирургии и стоматологии. Так реализуются принципы И.К. Баженова о связи науки и практики.

Представляется, что возможности использования *традиционных* методов получения материалов с целью повышения их рабочих свойств уже практически исчерпаны. Прогресс в наноминералогии в определенной степени может быть связан с развитием теоретических и экспериментальных исследований в многокомпонентных и оксидных системах. Необходимо исследовать зависимости состава, структур и свойств продуктов синтеза от особенностей состава исходных систем, кинетических и технологических параметров их изготовления и обработки. Созрел научный парадокс: обширный опыт экспериментальной минералогии не всегда согласуется с традиционными представлениями, а порой и вовсе не находит в них объяснения. Это касается, в первую очередь, описания высоких скоростей диффузии и кристаллизации, обеспечивающих получение уникальных свойств материалов. Актуальным оказывается исследование методов получения метастабильных фаз в *неравновесных* условиях при участии сторонних полей (с помощью лазерного

испарения, энергии взрыва, термомеханических, динамических и др. воздействий).

В начале 90-х годов в науке начинает преобладать обобщающе-интегрирующий подход, ориентированный на создание новой картины мира. Выявился ряд новых направлений в связи с решением проблем управления свойствами вещества на основе процессов самоорганизации. Научной основой новых методов чаще представляется междисциплинарная область знаний – синергетика. Она изучает процессы самоорганизации диссипативных структур. В открытых системах самоорганизация таких структур происходит, когда внешние факторы или потоки энергии превышают пороговые значения. Однако синергетика, как и неравновесная термодинамика и макрокинетика оказываются только относительно новыми, поскольку они представляют варианты развития статистических методов и не касаются проблем зарождения и развития структурного порядка материи, которые, в свою очередь, являются частью более общей проблемы. Все они исходят из традиции электронного описания кристаллов, в котором другие виды взаимодействий, не меньшие по порядку сил, связываются, обычно, с дефектами структуры, нежели с самой структурой.

Подчиняясь движению этого маятника, мы приступили к разработке системного метода, позволяющего синтезировать накопленные теоретические и экспериментальные знания в целостное мировоззрение. В качестве общенаучного результата стало создание *голографической модели организации вещества*, объясняющей стационарное состояние и эволюцию природных и техногенных систем различных иерархических уровней [2, 7]. Образование связей между «частицами» имеет резонансную природу, и в пределах любого объекта кооперативная структура определяется условиями когерентности основных и комбинационных осцилляций электромагнитных полей.

Прямым подтверждением возможности надатомных построек с неевклидовой метрикой являются фуллерены, которые соответствуют реальным кристаллам сферического пространства Римана. В силикатных системах нами экспериментально получены кольцевые структуры диаметром 10,5 и 2,5 мкм, продекорированные *глобулами нанометрового диапазона* магнетита. Каждое из этих колец является резонатором для теплового излучения. При нагреве образца в резонаторе возникают стоячие волны, которые формируют частоты субатомного упорядочения.

В метасиликатных системах стекла при нагревании испытывают субсолидусную ликвацию с характерными наноразмерными (в поперечнике) канатными кристаллитами. При дальнейшем повышении температуры происходит их бифуркация с образованием зародышей конечной кристаллической фазы [8].

В голографической модели приобретают прозрачный смысл понятия электрического заряда и массы частиц, а также вскрывается резонансная природа взаимодействий и фазовых переходов. Модель использована в разработке концепции структурного порядка, основанной на наиболее общих

законах естествознания – теории колебаний и волн, которая прошла инвариантно по всем этапам от классической механики до суперсовременных идей начала XXI столетия. Кристаллическая решетка и микроструктура твердого тела в голографической модели определяется не только поведением *электрических зарядов*, но и другими видами взаимодействий, свойственными пространственно-замкнутым динамическим структурам. Это обменные процессы, так или иначе связанные с *магнитными свойствами*, и механические, существующие как сами по себе, так и в силу теплового воздействия, *колебательные моды*. Эти взаимодействия могут образовывать *собственные когерентные структуры*, поэтому структуры могут отвечать *трем типам когерентности: электрической, магнитной и механической*. За каждый тип когерентных структур (решеток) отвечает определенный вид элементарных возбуждений – это *электроны, магноны и фононы*. В целом выведено *семь типов структурной когерентности* конденсированных сред: три «чистых» – одинарных, три двойных или промежуточных и седьмой, объединяющий все три типа.

Голографический подход позволяет объяснить и прогнозировать процессы образования упорядоченных структур, резонансный характер переноса энергии и массы, и другие явления. Показано, например, что для ионных кристаллов максимум плотности электрического заряда в некоторых проекциях совпадает с положением центров ионов. При этом в представлении голографической модели максимум плотности электрического заряда соответствует максимуму интерференционной интенсивности. Для ковалентных кристаллов этот максимум не совпадает с положением ионов и находится между ними. Стекла, например, не могут быть аморфными (в классическом понимании), в них действует фотонный механизм упорядочивания структуры, что подтверждается при кристаллизации стекол.

Ниже коротко изложено как в методологии экспериментальных работ и анализе результатов использованы возможности голографической модели, которая востребована и находит все более широкое применение. Поскольку стабильная фаза (реальный кристалл) представляется в ней гармоническим волновым пространственно-замкнутым объектом с кооперативным характером химического взаимодействия, то процессы взаимодействия должны иметь резонансный характер. Конкретные механизмы проявления резонанса любых иерархий структуры (от нано- к микро-, мезо- и макроуровню) могут описываться различными способами. Новым является представление об управлении порядком структурообразования нано- и микроуровня структурами *более высокого уровня* (мезо- и макромасштабов). Разрабатываемый подход, использующий неевклидовы представления пространства, позволяет включить в точечные многообразия «элементарные» структурные «кубики» – примата-тела К.И. Чепижного, на следующем уровне – «критические тела» С.В. Руднева и самоподобные фракталы. Дефекты упаковки и зональность являются естественным свойством кристаллов. Изменение резонансных свойств кристалла или агрегата кристаллов под действием внешних полей, например, при механическом нагружении, сопровождается перестройкой зональности,



появлением субрешеток из высвобождающихся элементов-примесей, а также выпадением части дефектов упаковки в самостоятельную «фазу» типа отрицательных кристаллов, пор, трещин. Помимо этих форм дефектов широко распространены дефекты динамической природы, к которым относится, видимо, большинство дислокаций.

В большинстве случаев для решения задач пластичности и ударной прочности с использованием представлений голографической модели необходим учет *весьма слабых взаимодействий*. Любой реальный образец материала представляет собой совокупность иерархически соподчиненных пространственно-замкнутых структур и практически все процессы имеют кооперативный резонансный характер. *Изоморфные примеси*, также влияющие на свойства, образуют собственные сверхрешетки, модулируя субрешетку матричной структуры. С помощью голографической модели через природу изоморфов устанавливаются пределы их вхождения.

Особый случай, широко используемый в практике технической минералогии и не менее широко распространенный в естественных процессах, представляет *каталитическое управление процессами образования и развития минеральных индивидов*. Иногда такое управление редуцируют к влиянию поверхности атомов и частиц каталитического вещества. На самом деле здесь имеет место воздействие сильных структурированных полей, простирающихся далеко за пределы межфазных границ. Помимо собственно поверхностных резонансных структур, большое значение имеет структура внутренних полей фазы, образующей поверхность. Наиболее известными катализаторами являются соединения с ярко выраженными магнитными свойствами. Это элементы переходной группы (хром, никель, кобальт, железо, платиноиды, редкоземельные элементы, а также их молекулярные формы типа оксидов). Антиферромагнетизм их сохраняется при высоких температурах и проявляется в образовании структур, обусловленных обменным (спиновым) взаимодействием. Структура этих полей имеет магнетонную природу, благодаря чему и реализуются большие расстояния внешней структуры. Размеры внешнего упорядоченного поля достигают размеров порядка одного микрометра, и они способны принципиально изменить процессы упорядочения системы. Вследствие этого интенсивность образования и развития макромолекул, кристаллитов на поверхности катализаторов весьма высока. Более того, структурированное катализатором пространство позволяет реализовать структуры, которые невозможно получить даже в самых экзотических термодинамических условиях.

Таким образом, в соответствии с логикой научных исследований голографическая модель вещества не приводит к отмене широко известных подходов (синергетики, нелинейной динамики, макрокинетике), а лишь переводит их в разряд теорий для частных или предельных случаев.

Дефицит hi-наноматериалов, в первую очередь, касается новой техники, радиоэлектроники, режущих инструментов и новых отраслей науки. Так, например, проблема применения лопаток из оксидов для рабочего колеса реактивных газотурбинных двигателей и для изготовления направляющих

сопловых лопаток ракетных реактивных двигателей, активно обсуждается в печати, но она еще далека от своего решения. Нужны материалы, превосходящие специальные жаропрочные сплавы.

В 80-ые годы XX в. начинается прорыв в разработке неметаллических композиционных материалов. Известность получили патенты США [18–21]: Эти патенты и ряд других опубликованных результатов [14, 17, 22] начали реализовываться в коммерческих продуктах в виде изделий, начиная с медицины, спортивных товаров до различных областей современной техники в замен жаропрочных металлов. Вместе с тем, для новой техники они не совсем соответствуют по своим физико-механическим свойствам, в частности, по сопротивляемости упругим и ударным деформациям.

Анализ технических заданий, полученных нашей лабораторией к наноматериалам для техники нового поколения, позволил сформулировать основные требования к их свойствам. Для их реализации исследуются две группы перспективных составов: 1) ситаллы класса «сикам», модифицированные и/или армированные оксидными волокнами сиалонов или жаропрочных металлов; 2) тройная система – стабилизированная  $ZrO_2$  (карбиды, нитриды) –  $\beta$ -волластонит (без покрытий или с предварительным покрытием, например, метакрилоксисилоном или наночастицами диоксида циркония) – нановолокна на основе оксидов и нитридов алюминия и кремния [6]. Основная задача – разработка технологических параметров и получение композиционных *НМ* с повышенной сопротивляемостью упругим и ударным деформациям. Нановолокна разного состава и природы, а также наноразмерные фракции оксидов разного состава из группы сиалонов вводятся в систему с  $ZrO_2$  для выбора оптимальных стабилизирующих, каталитических и структурообразующих добавок, позволяющих устранить недостатки композитов, сдерживающие их использование.

Результаты этих исследований способствуют расширению номенклатуры нанокompозитов за счет выделения наноструктур с виртуальным уровнем когерентности, а также структур, правильность которых не соответствует классической, построенной по симметричным соображениям для решеток из плоских поверхностей.

В стабильном состоянии кристаллических фаз в рамках голографической модели возбуждены лишь низшие моды колебаний. Внешнее поле приводит к изменению собственного частотного спектра, причем практически всегда это спектры с ограниченным числом мод. Возбуждение внешних гармоник и взаимодействие набора колебаний (стоячих волн) представляет собой бегущую нерегулярную волну. Такого рода механизмы ответственны за миграцию дефектов, вынос их на границы зерен фаз, либо, наоборот, миграцию их в объем. Тренд движения зависит от характера набора типов колебаний. Если резонансные свойства зерен таковы, что могут возбуждаться только небольшое число низших мод (например, в ряде новых нанокompозиционных материалов), то внешние воздействия сопровождаются структурной перестройкой, характерной для *пластичных структур*. В случае материалов с широким спектром упругих колебаний (например, стеклообразных) возбуждение

последних, при внешних воздействиях, сопровождается образованием Фурье-импульса с напряженностью, пропорциональной числу мод, и мощностью, способной вызывать катастрофическую перестройку наноструктуры, в том числе в виде трещин. При этом положение трещин в кристалле соответствует положению максимумов смещений в низшей моде продольных колебаний, либо линий «узлов» более высоких мод при поперечных колебаниях, т.е. линиям, где относительные смещения соседних пучностей достигают максимума.

Таким образом, нанотехнологическая революция в значительной степени обязана успехам физической геохимии, наногеохимии и экспериментальной наноминералогии, которые в сибирской школе геологов связаны с именем профессора И.К. Баженова. Реализация его идей позволила на современном уровне развить концепцию В.И. Вернадского о пространстве и симметрии [1], разработать голографическую модель строения вещества.

#### *Литература*

1. Вернадский В.И. Химическое строение биосферы Земли и ее окружения. – М.: Наука, 1987. – 339 с.
2. Локтюшин А.А., Мананков А.В. Пространственно-замкнутые динамические структуры. – Томск: Изд-во ТГУ, 1996. – 123 с.
3. Мананков, А.В. Керамические стоматологические материалы из минерального сырья Сибирского региона / А.В. Мананков, С.И. Старосветский, М.А. Звигинцев и др. // Основные проблемы охраны геологической среды. – Томск: Изд-во ТГУ, 1995. – С. 175–178.
4. Мананков, А.В. Резорбируемая биологически активная керамика / А.В. Мананков, В.М. Яковлев, С.И. Старосветский, М.А. Звигинцев // Минералогия и жизнь: биоминеральные взаимодействия. Матер. 2-го Междунар. симпозиума. – Сыктывкар, 1996. – С. 137–139.
5. Мананков А.В. Современное материаловедение и нанотоксикология // Новые технологии создания и применения биокерамики в восстановительной медицине. – Томск: Изд-во ТПУ, 2010. – С. 107–117.
6. Мананков А.В. Физико-химические основы наноструктурной минералогии в получении современных материалов // Вестник ТГАСУ. – 2012. – № 2 (35). – С. 120–136.
7. Мананков А.В., Локтюшин А.А. Основные направления развития геодинамики // Проблемы геодинамики и минералогии Южной Сибири. – Томск: ТГУ, 2000. – С. 5–14.
8. Мананков А.В., Шарапов В.Н. Кинетика фазовых переходов в базитовых расплавах и магмах. – Новосибирск: Наука, 1985. – 176 с.
9. Материалы отраслевого совещания «Основные направления усовершенствования процессов выщелачивания алюминатно-щелочных спеков и полного использования шламов». – Ачинск: АГК, 1977. – 152 с.
10. Минералогическая интервенция в микро- и наномир. – Матер. Междунар. минер. семинара. – Сыктывкар, 2009. – 548 с.

1. Наноминералогия. Ультра- и микродисперсное состояние минерального вещества / Ответ. Ред.: акад. Н.П. Юшкин, А.М. Асхабов, В.И. Ракин. – СПб: Наука, 2005. – 581 с.
2. Патент № 2108069. Способ получения материала для костного имплантата / Мананков А.В., Старосветский С.И., Звигинцев М.А., Яковлев В.М. – Приоритет 09.04.1996.
3. Патент № 2109493. Зубной имплантат / Старосветский С.И., Звигинцев М.А., Мананков А.В. и др. – Приоритет 09.08.1996.
4. Саркисов П.Д., Будов В.В. Стекла и ситаллы, армированные поликристаллическими волокнами // Стекло и керамика. – 1993. – № 9–10. – С. 16–19.
5. Старосветский С.И. Взаимосвязь различных материалов с керамическим покрытием / С.И. Старосветский, М.А. Звигинцев, А.В. Мананков // Сверхэластичные медицинские материалы и имплантаты с памятью формы в медицине: Материалы Международной конференции. – Томск, 1998. – С. 397.
6. Фейнман Р.Ф. и др. Фейнмановские лекции по физике. Вып.8,9. Квантовая механика. – М.: Изд-во Едиториал УРСС, 2004. – 526 с.
7. Katz A.P., Kerans R.J. Structural Ceramics Program at AFWAL Materials Lab. // Amer. Ceram. Soc. Bull. – 1988. – V. 68. – N 2. – P. 1360–1366.
8. Patent US N 4397961. A glass composition adapted to bonding graphite fiber / Snitzer, al et. – 09.08.1983.
9. Patent US N 4314852. Silicon carbide fiber reinforced glass composites / John J. Brennan al et. – 09.02.1982.
0. Patent US N 4324843. Continuous length silicon carbide fiber reinforced ceramic composites / John J. Brennan al et. – 13.04.1982.
1. Patent US N 4428763. Transfer molding method of producing fiber reinforced glass matrix composite articles / Layden. – 31.01.1984.
2. Prewo K.M. Fiber-Reinforced Ceramics New Opportunities for Composite Materials // Amer. Ceram. Soc. Bull. – 1989. – V. 68. – N 2. – P. 395–400.