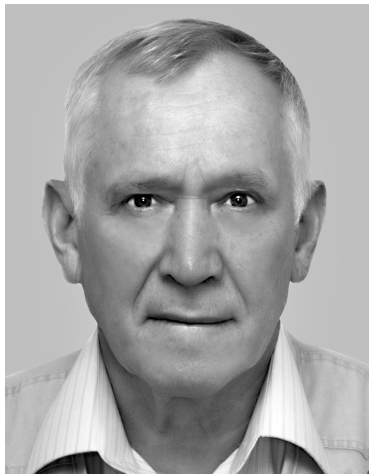


АЛЕКСАНДР БОРИСОВИЧ БРИК (к 70-летию со дня рождения)



28 апреля 2013 г. исполнилось 70 лет со дня рождения Александра Борисовича Брика — члена-корреспондента НАН Украины, заведующего отделом физики минеральных структур и биоминералогии Института геохимии, минералогии и рудообразования им. Н.П. Семеновко НАН Украины, известного специалиста в области физики минералов, радиоспектроскопии минерального вещества, биоминералогии, радиационной минералогии и физики твердого тела.

А.Б. Брик родился 28 апреля 1943 г. в городе Кзил-Кум (Казахстан) в семье агронома. В 1961 г. он окончил среднюю школу в Георгиевске Ставропольского края. В 1962 г. поступил на факультет радиоэлектроники Киевского политехнического института и в 1967 г. с отличием окончил этот институт по специальности "Диэлектрики и полупроводники". После окончания института работал инженером на Киевском заводе полупроводниковых приборов, а в 1968 г. был переведен в Институт сверхтвердых материалов Госплана УССР. С 1970 по 1973 г. обучался в аспирантуре Ки-

евского политехнического института, а после этого работал старшим инженером в Специальном конструкторском бюро Киевского завода порционных автоматов. В 1974 г. А.Б. Брик перешел на работу в Опытное предприятие Института геохимии и физики минералов АН УССР (в настоящее время Институт геохимии, минералогии и рудообразования им. Н.П. Семеновко НАН Украины), а в 1976 г. был переведен в отдел радиоспектроскопии минерального вещества этого Института. В отделе радиоспектроскопии минерального вещества (в настоящее время отдел физики минеральных структур и биоминералогии) А.Б. Брик прошел путь от инженера до заведующего отделом.

Научную работу А.Б. Брик начал еще в студенческие годы, изучая динамику спиновых систем под руководством талантливого физика-теоретика В.Я. Зевина, одновременно выполняя экспериментальные исследования под руководством С.С. Ищенко в Институте полупроводников АН УССР, а также участвуя в работе научных семинаров широко известной Киевской школы радиоспектроскопии, основанной членом-корреспондентом АН УССР М.Ф. Дейгеном. Киевская школа радиоспектроскопии наряду с Казанской школой радиоспектроскопии, основанной С.А. Альшulerом, была ведущим центром радиоспектроскопии в Советском Союзе. Первые статьи А.Б. Брика были опубликованы в наиболее авторитетных физических журналах Советского Союза, таких, как "Журнал экспериментальной и теоретической физики", "Письма в журнал экспериментальной теоретической физики" и "Физика твердого тела".

С 1974 г. А.Б. Брик под руководством Ивана Васильевича Матяша приступил к изуче-

нию минерального вещества методами радиоспектроскопии. Научное мировоззрение и стиль научной работы И.В. Матяша сформировались в знаменитой Харьковской школе советской физики, где еще витал дух Л.Д. Ландау. Отдел радиоспектроскопии минерального вещества, которым руководил И.В. Матяш, поддерживал тесные связи с разными научными школами Советского Союза и особенно со школой физики минералов, созданной и руководимой выдающимся минералогом современности Арнольдом Сергеевичем Марфуниным. Благодаря этому стилю работы И.В. Матяша — члена-корреспондента НАН Украины по специальности "физика минералов", а затем и А.С. Литовченко, который в 1995 г. возглавил отдел радиоспектроскопии минерального вещества, А.Б. Брик имел возможность тесно сотрудничать со многими научными коллективами Советского Союза.

В Институте физики АН УССР А.Б. Брик в 1979 г. успешно защищает кандидатскую диссертацию на тему "Исследование динамических эффектов в двойном электронно-ядерном резонансе", а в 1988 г. докторскую диссертацию "Магнитоэлектрические эффекты в кристаллах с парамагнитными примесями". Обе диссертации были защищены по физико-математическим наукам по специальности "физика твердого тела". В 2004 г. А.Б. Брику присвоено ученое звание профессора, а в 2012 г. он был избран членом-корреспондентом Национальной академии наук Украины по специальности "нанозифика минералов".

Тематика кандидатской диссертации А.Б. Брика возникла в связи с тем, что известный своим широким и прогрессивным мышлением первый директор Института геохимии и физики минералов АН УССР — Николай Пантелеймонович Семененко, который был также Вице-президентом АН УССР, сумел добиться изготовления и установки в своем Институте спектрометра двойного электронного резонанса (ДЭЯР). К решению очень сложных вопросов, связанных с изготовлением спектрометра ДЭЯР, были подключены также М.Ф. Дейген, И.В. Матяш, М.А. Рубан и Ю.В. Федотов. В конечном счете благодаря усилиям перечисленных выше талантливых и энергичных людей уникальный супергетеродинный спектрометр ДЭЯР был создан и установлен в Институте. Однако применение этого метода для решения минералогических и геологических

задач натолкнулось на ряд трудностей, связанных со сложностью структуры и свойств природных объектов. Работая над кандидатской диссертацией, А.Б. Брик обнаружил и изучил ряд новых динамических эффектов в двойном электронно-ядерном резонансе, выяснил особенности механизмов возникновения сигналов ДЭЯР в природных кристаллах, а также разработал критерии выбора оптимальных режимов регистрации спектров ДЭЯР в зависимости от величины сверхтонкого взаимодействия ядер, механизмов уширения линий электронного парамагнитного резонанса, от типа индуцированных переходов, на которых наблюдается электронный резонанс и т. д. Глубокое понимание динамики спиновых систем, а также умение самостоятельно изготавливать необходимые нестандартные экспериментальные устройства и приспособления позволили А.Б. Брику впервые в Советском Союзе применить двойной электронно-ядерный резонанс для решения задач минералогии, в том числе для восстановления условий образования минералов и определения качества минерального сырья.

Тематика докторской диссертации А.Б. Брика возникла в связи с тем, что в те времена в связи с большим интересом к созданию новых типов мазеров и лазеров шел активный поиск природных и синтетических кристаллов, на которых можно было бы создать инверсию населенностей энергетических уровней. По инициативе И.В. Матяша в отделе начались исследования природного кварца на предмет создания инверсии населенностей энергетических уровней алюминиевых центров с помощью внешних электрических полей. В результате этих исследований И.В. Матяш, А.Б. Брик и А.С. Литовченко получили Авторское свидетельство на изобретение "Мазер и способ его возбуждения". Однако наиболее интересным и важным результатом этих исследований стал "побочный эффект". Оказалось, что электрические поля влияли на намагниченность исследованных образцов, хотя в обычных ситуациях электрические поля влияют только на диэлектрическую поляризацию, а намагниченность кристаллов может быть изменена только с помощью магнитных полей. Вместе с тем ранее Л.Д. Ландау и Е.М. Лифшиц теоретически предсказали возможность наличия магнитоэлектрического эффекта (изменение намагниченности электри-

ческим полем) для некоторых кристаллов с особой магнитной и кристаллографической симметрией (этот эффект затем был экспериментально обнаружен Д.Н. Астровым). Однако магнитоэлектрический эффект, обнаруженный на кварце, по своим характеристикам радикально отличался от магнитоэлектрического эффекта, предсказанного Ландау и Лифшицем. Дальнейшие обширные и многоплановые экспериментальные и теоретические исследования А.Б. Брика, которые он выполнял совместно с И.В. Матяшем, С.С. Ищенко, В.С. Вихниным и А.С. Литовченко, позволили установить природу обнаруженного явления. Сущность этого явления состоит в том, что при выполнении некоторых условий, сформулированных и обоснованных А.Б. Бриком, электрические поля могут стационарно охлаждать систему парамагнитных центров до спиновых температур ниже температуры кристаллической решетки, что и ведет к гигантскому увеличению намагниченности. В 1992 г. это явление было зарегистрировано Академией естественных наук Российской Федерации как научное открытие. А.Б. Бриком показано, что обнаруженные магнитоэлектрические эффекты могут быть использованы для решения многих фундаментальных и прикладных задач. Эти эффекты, в частности, позволяют существенно (на порядок и более) увеличивать интенсивности сигналов электронного парамагнитного резонанса алюминиевых центров в кварце, что позволяет повысить эффективность исследований, связанных с установлением условий образования этого минерала, а также с оценкой качества месторождений кварца как сырья для производства чистого кремния и изготовления пьезорезонаторов высокой добротности.

Новые физические эффекты и явления, обнаруженные и изученные А.Б. Бриком при работе над кандидатской и докторской диссертациями, нашли широкое признание мировой научной общественности, что выразилось, в частности, в многочисленных цитированиях его публикаций в советских и зарубежных изданиях. По материалам диссертационных исследований А.Б. Бриком с соавторами было получено 14 Авторских свидетельств на изобретения, которые нашли применение при решении задач минералогии, физики твердого тела и материаловедения, в том числе задач, связанных с поиском и окон-

туриванием месторождений полезных ископаемых. В 1994 г. А.Б. Брику было присвоено звание "Лучший изобретатель Национальной академии наук Украины".

Научная деятельность Александра Борисовича почти всегда прямо или косвенно была связана с нанофизикой минералов, которая занимается изучением особых свойств наноразмерных минеральных объектов. К таким объектам относятся нанокластеры и наночастицы, локализованные внутри обычных минералов; макроскопические наноминералы, структура которых сформирована частицами, имеющими размеры в диапазоне нанометров, а также нанобиоминералы — наноразмерные минеральные (неорганические) частицы, формирование которых связано с жизнедеятельностью биологических организмов. Исследования А.Б. Брика в области биоминералогии и нанофизики минералов, которые многими коллегами долго воспринимались как чуждые минералогии, смогли состояться благодаря поддержке и прогрессивному мышлению академика НАН Украины Николая Петровича Щербака, который долгие годы возглавлял наш Институт.

Авария на Чернобыльской атомной электростанции (ЧАЭС) породила много новых научных задач, одна из которых заключалась в необходимости инструментального определения дозы облучения, которую человек получил в прошлом. Оказалось, что эту задачу можно решать с помощью такой биологической ткани, как эмаль зубов, которая на 95—97 % состоит из минерального вещества, представленного нанокристаллами гидроксилалюмината. Облучение формирует в нанокристаллах радиационные центры, количество которых пропорционально дозе облучения. Определяя с помощью электронного парамагнитного резонанса (ЭПР) количество радиационных центров в эмали, можно восстановить дозу облучения, которую человек получил в прошлом. Для ретроспективной дозиметрии местности, загрязненной радионуклидами, роль материала-дозиметра может играть кварц. Исследуя свойства радиационно-активированных центров в эмали зубов и кварце, А.Б. Брик совместно с В.В. Радчуком разработали ряд новых методов и подходов в ретроспективной дозиметрии, которые позволили существенно увеличить чувствительность методов реконструкции доз, а также повысить достоверность

получаемых результатов. Эффективность разработанных методик была продемонстрирована при изучении последствий аварии на ЧАЭС во время выполнения Международного проекта *Experimental Collaboration Project "Retrospective dosimetry and dose reconstruction" (ЕСР-10)*, который выполнялся по заказу Европейской комиссии научными сотрудниками Великобритании, Германии, США, Украины, России и Беларуси. Полученные результаты, связанные со стабильностью радиационных центров в эмали зубов и с текстурированием этой биологической ткани, легли в основу методики реконструкции дозовых нагрузок человека *"Use of electron paramagnetic resonance dosimetry with tooth enamel for retrospective dose assessment" (IAEA-TECDOC-1331)*, которая была официально утверждена Международным агентством по атомной энергии (МАГАТЭ).

Проблемы, возникшие после возведения объекта "Укрытие" над разрушенным четвертым энергоблоком ЧАЭС, а также развитие атомной энергетики активизировали интерес к радиационной стойкости минералов, горных пород и строительных конструкций. С помощью электронного парамагнитного и ядерного магнитного резонансов, рентгенофазового анализа и компьютерного моделирования А.Б. Бриком и его коллегами получен ряд важных результатов о механизмах формирования аморфных нановключений в структуре минералов, которые образуются под воздействием авторадационного облучения (за счет распада примесей урана и тория). При этом определены факторы, влияющие на радиационную стойкость минералов, что является важным для радиационного материаловедения и, в частности, для решения проблем, связанных с изоляцией радиоактивных отходов. При изучении радиационной стойкости минералов особое внимание было уделено механизмам метамиктного распада (амортизации при сохранении внешних морфологических форм) циркона, поскольку именно этот минерал наиболее активно используется в геохронологии для датирования геологических объектов.

Особенности надструктуры макроскопических наноминералов изучены А.Б. Бриком с помощью методов радиоспектроскопии и рентгеноструктурного анализа. Определены характеристики наиболее типичного представителя макроскопических наноминералов —

опала, надструктура которого формируется наноразмерными глобулами диоксида кремния. Методом ЯМР установлено, что температурная стабильность и упорядоченность молекул воды, которые заполняют пространство между наноглобулами, в благородном опале существенно превышает соответствующие величины в обычном опале. Показано, что именно водная матрица стимулирует образование кубической гранецентрированной надструктуры опала, сформированной наноглобулами диоксида кремния. Результаты, полученные А.Б. Бриком и его коллегами по определению с помощью метода ЯМР стабильности и упорядоченности водной матрицы в обычных и благородных опалах, позволяют контролировать технологии создания синтетических аналогов благородного опала, обладающего эффектом иризации.

Поиск и регистрация отдельных наночастиц, локализованных в различных объектах, представляют собой достаточно трудную задачу. Исследования особых свойств наноразмерных минеральных частиц, выполненные А.Б. Бриком с помощью ферромагнитного и электронного парамагнитного резонансов, позволили ему разработать новые методики поиска рассеянных наночастиц, которые содержатся в минералах, горных породах, метеоритах и других объектах. Эти методики основаны на мультирезонансном поглощении магнитными наночастицами микроволн сантиметрового диапазона, что может быть зафиксировано ферромагнитным резонансом, а также на особенностях изменения зарядового состояния примесей в диамагнитных наночастицах под воздействием нагревания и облучения, что может быть зафиксировано с помощью электронного парамагнитного резонанса.

А.Б. Бриком разработана новая концепция о высокоминерализованных биологических тканях как о минерально-органических наносоциированных (МОНА) системах. Установлено, что роль структурных единиц МОНА систем (как и неорганических макроскопических наноминералов) играют не отдельные атомы или ионы, а наноразмерные подсистемы, имеющие разный электрический заряд, который может изменяться в зависимости от внешних условий. А.Б. Бриком показано, что благодаря механоэлектрическим явлениям биологические МОНА системы находятся в состоянии электрически поляризованной и

механически напряженной биотекстуры. Изменения этого состояния под влиянием внешних факторов стимулируют заболевания высокоминерализованных биологических тканей.

Используя электронный парамагнитный резонанс и целенаправленные внешние воздействия, А.Б. Бриком и его коллеги совместно с Джерри Кеннером (Jerry Kenner, Университет штата Юта, США) разработали новые подходы к изучению примесного фазового состава минеральной компоненты таких высокоминерализованных тканей, как кости и эмаль зубов. Для определения типа кристаллической решетки методом ЭПР, в отличие от рентгенофазового анализа, достаточно одной–двух координационных сфер вокруг парамагнитного центра. Кроме того, ЭПР обладает существенно более высокой чувствительностью по сравнению с рентгенофазовым анализом, что позволяет фиксировать примесные минеральные нанофазы, присутствующие в очень малом количестве. А.Б. Бриком показано, что кроме фазы гидроксилалюмината минеральная компонента указанных тканей включает в себя также примесные минеральные нанофазы (витлокит, кальцит, доломит, оксиды металлов), количество которых невелико, но которые играют очень важную роль в функционировании и заболеваниях костей и зубов.

Информация о фазовом составе минеральной компоненты костей разного типа оказалась очень важной при изготовлении синтетических аналогов костной ткани (имплантатов), которые используются для лечения заболеваний костей. А.Б. Бриком совместно с В.А. Дубком (Институт проблем материаловедения им. И.Н. Францевича НАН Украины) разработаны методы контроля процессов ассимиляции живой костной тканью имплантатов, изготовленных на основе синтетического гидроксилалюмината. С помощью этих методов, основанных на электронном парамагнитном резонансе, можно оценивать эффективность процессов превращения неорганической (неживой) материи имплантатов в живую биологическую ткань. Разработанные методы позволяют оптимизировать состав и технологии создания имплантатов, которые используются для лечения костей.

Фазовый состав и свойства костей зависят от многих факторов, но наиболее быстро свойства костей изменяются в условиях невесомости во время космических полетов (кос-

мический остеопороз). А.Б. Бриком совместно с В.С. Огановым (Институт медико-биологических проблем РАН, Москва) на уровне нанокристаллов, формирующих минеральную компоненту костей, определены механизмы деминерализации костной ткани в условиях невесомости. Эти исследования были выполнены А.Б. Бриком и его коллегами по заказу Национального аэрокосмического агентства США (NASA) и Национального космического агентства Украины. На основании полученной информации А.Б. Бриком разработаны новые методики, которые позволяют контролировать эффективность контрмер, направленных на торможение процессов деминерализации костей во время космических полетов. Результаты, полученные при изучении космического остеопороза, являются важными и для понимания механизмов обычного (земного) остеопороза, при котором также имеет место деминерализация костей.

Хотя изучение минеральных частиц, локализованных в биологических тканях, проводится в основном для высокоминерализованных тканей (кости, зубы), минеральные (неорганические) наночастицы присутствуют также во многих слабоминерализованных тканях, в том числе в тканях мозга. С помощью ферромагнитного резонанса (ФМР) А.Б. Бриком показано, что в тканях мозга существуют нитеобразные системы из магнитных наноминералов, которые обладают уникальными свойствами. А.Б. Бриком разработана качественная модель, объясняющая обнаруженные свойства в предположении, что под действием резонансного микроволнового поля система частиц биогенного магнетита, локализованного в тканях мозга, переходит в макроскопическое когерентное квантовое состояние. Уникальность этого эффекта состоит в том, что он наблюдается при комнатной температуре, в то время как известные макроскопические квантовые состояния фиксируются лишь при низких (азотных) или сверхнизких (гелиевых) температурах. А.Б. Бриком разработаны научные основы технологий для создания синтетических аналогов обнаруженной системы частиц биогенного наномагнетита, а также способы контроля перехода синтетических материалов в макроскопическое когерентное квантовое состояние. Эти результаты в перспективе открывают возможности для разработки технических устройств,

которые использовали бы принципы функционирования мозга для хранения и обработки информации, а также для решения проблем, связанных с созданием квантовых компьютеров.

Кроме описанных выше когерентных эффектов минеральные включения в тканях мозга обладают также рядом других интересных свойств. Оказалось, что магнитное состояние биогенных наночастиц, локализованных в тканях мозга, может быть относительно просто изменено под влиянием внешних факторов. В частности, было обнаружено, что находясь в микроволновом резонаторе спектрометра электронного парамагнитного резонанса биогенные наночастицы, могут переходить из слабомагнитного состояния в сильномагнитное состояние.

На многочисленных выставках, на которых демонстрировались достижения Института, стенды, посвященные биогенному магнетиту и проблемам железорудных регионов Украины (Криворожье), как правило, располагались рядом. Этот факт стимулировал различные дискуссии А.Б. Брика с А.Н. Пономаренко и А.А. Юшиным, в результате которых была сформулирована задача, связанная с использованием информации о свойствах биогенных железосодержащих минералов для разработки новых технологий изготовления железорудных концентратов из окисленных железных руд. Актуальность этой задачи обусловлена тем, что запасы легкообогащаемых магнитных руд в Криворожье в значительной степени исчерпаны, а технологии обогащения бедных окисленных руд во многих случаях оказываются малоэффективными. В настоящее время благодаря кратким, но интенсивным исследованиям А.Н. Пономаренко, А.Б. Брик, Н.А. Дудченко, В.В. Янишпольский и А.А. Юшин уже получили четыре патента на новые энерго- и материалосберегающие способы преобразования слабомагнитных минералов (гетит, гематит) в сильномагнитные минералы (магнетит, маггемит). Эти результаты открывают новые возможности для разработки эффективных технологий создания железорудных концентратов из бедных окисленных железных руд, а также из отходов горно-обогатительных комбинатов.

На протяжении всей своей работы в Институте А.Б. Брик кроме основной бюджетной тематики постоянно выполнял и выполняет

работы по дополнительным договорам и конкурсным темам. В давние советские времена это были хоздоговоры с геологическими партиями, а потом конкурсные темы ГКНТ Украины и МинЧернобыля Украины. Затем были темы, выполнявшиеся по заказу Европейской комиссии, МАГАТЭ, а также проекты Научно-технического центра в Украине, которые финансировались США и западноевропейскими странами. На протяжении многих лет А.Б. Брик выполнял конкурсные темы, финансируемые Космическим агентством Украины. В последнее время А.Б. Брик регулярно выполняет конкурсные проекты в рамках Программ НАН Украины, которые посвящены Наносистемам, Наноматериалам и Нанотехнологиям, конкурсные инновационные темы учреждений НАН Украины, а также конкурсные темы НАН Украины — РФФИ и ГФФИ Украины — РФФИ, которые выполняются совместно специалистами Украины и России.

А.Б. Бриком опубликовано более 300 научных работ в отечественных и зарубежных изданиях. Под его руководством защищены четыре кандидатские и одна докторская диссертация. А.Б. Брик на протяжении многих лет являлся членом Специализированных советов по защите диссертаций в Институте проблем материаловедения им. И.Н. Францевича НАН Украины, а также в Киевском национальном университете технологий и дизайна.

Научную работу А.Б. Брик успешно сочетал и сочетает с педагогической деятельностью. На протяжении многих лет он преподавал курс "Общая физика" для студентов разных кафедр Киевского политехнического института, а также курс "Специальные разделы физики (основы квантовой механики, квантовой статистики и физики твердого тела)" для студентов кафедры микроэлектроники Киевского национального университета технологий и дизайна. В настоящее время А.Б. Брик продолжает преподавать курс лекций "Биоминералогия" для студентов кафедры минералогии, геохимии и петрографии Киевского национального университета имени Тараса Шевченко.

Научная общественность Института, редколлегия и редакция "Мінералогічного журналу" сердечно поздравляют Александра Борисовича с юбилеем, желают ему хорошего здоровья, а также дальнейших успехов в научной деятельности.