



#### 5.4. КАК ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ МИНЕРАЛОГИЯ ПРИРАСТАЛА СИБИРЬЮ

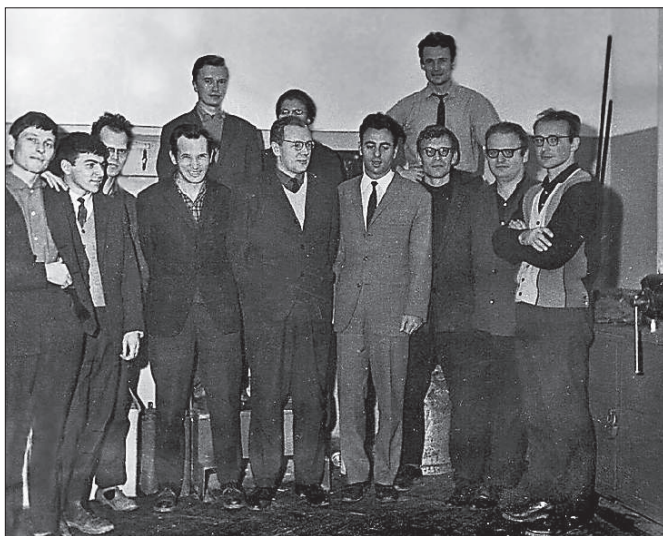
*Г.Р. Колонин, Ю.Н. Пальнов*

Общеизвестно, что главным идеологом и организатором исследований по минералогии и петрографии в формировавшемся в конце 50-х годов Институте геологии и геофизики являлся академик В.С. Соболев. Он со всей очевидностью понимал, что дальнейшее развитие этих наук будет неизбежно зависеть от экспериментальных данных о физико-химических условиях образования минералов и пород в земной коре. Для организации в ИГиГ СО АН СССР современной лаборатории экспериментальной минералогии В.С. Соболев пригласил молодого кандидата наук, выпускника кафедры минералогии МГУ А.А. Годовикова, заведовавшего в то время кабинетом экспериментальной минералогии в московском Институте геохимии и минералогии редких элементов.

Приняв это предложение, Александр Александрович начал активно заниматься подбором научных кадров для создаваемой лаборатории. Волею судеб первой его то ли «жертвой», то ли «счастливчиком» оказался Г.Р. Колонин, заканчивавший весной 1959 г. ту же кафедру минералогии МГУ. Правда, отъезд в Новосибирск затянулся на целый год, который был потрачен на активное приобретение в московских организациях и магазинах как стандартного, так и нестандартного оборудования не только экспериментального, но и общеинститутского профиля, включая геофизическое. Условно этот год естественно назвать «внутриутробным» периодом лаборатории. Фактическое же рождение ЛЭМ состоялось в декабре 1960 г., когда она получила («захватила») свою первую комнату на четвертом этаже только что сданной первой очереди («захватки») главного корпуса ИГиГ. Там мы и существовали в течение нескольких месяцев среди доминировавших вокруг тектонистов и палеонтологов.

Следующим историческим моментом в жизни лаборатории можно считать получение к весне 1961 г. нескольких уже «исконных» ее комнат на первом этаже восточного крыла главного корпуса. С одного фланга у нас оказались «нейтронные геофизики», а с другого — «первопоселенцы-химики» из тогда еще строившихся химических институтов. На втором этаже над нами размещались другие «соболевские» лаборатории — «метаморфисты», «включенцы» (Долгов и К°) и «минералоги» (Костюк и К°). Что же касается развития фронта по экспериментальной минералогии, то в течение первых нескольких лет А.А. Годовиковым были приглашены в Новосибирск следующие специалисты: выпускники МГУ минералоги В.А. Кляхин (1961) и Г.В. Букин (1962), физик Г.Н. Кузнецов (1961) и геохимик В.А. Киркинский (1964). В 1964 г. химическую группу лаборатории возглавила выпускница химфака МГУ В.И. Богданова. Все они активно проявили себя на таких определяющих стадиях создания лаборатории, как монтаж, отладка и запуск сложного оборудования, организация физико-химических исследований состава и свойств минералов, разработка и освоение новых экспериментальных методов.

Плечом к плечу с бывшими москвичами активно и целенаправленно работали молодые талантливые томичи Д.В. Калинин, И.А. Белицкий, аспирант



Первый иностранный стажер в лаборатории экспериментальной минералогии. 1967 г. В центре — А.А. Годовиков и М. Каназирский (НРБ), слева — Г.Р. Колонин, Б.А. Алабужев, А.Б. Птицын; вверху — В.А. Киркинский и Д.В. Калинин

с Дальнего Востока И.Ю. Малиновский и др. Все это во многом предопределило публикацию уже в середине 60-х годов первых серьезных результатов научной деятельности лаборатории. В 1963 г. в коллективе появился первый студент Новосибирского университета А.Б. Птицин, а затем студенты стали прибывать тонкой, но устойчивой струйкой (В.В. Бадиков, Б.Г. Ненашев, С.Н. Адучаева (Ненашева), Г.Ю. Шведенков, О.И. Рипинен, В.Г. Якушев и др.). Перечислим здесь и следующую волну.

С 1968 г. на кафедре минералогии НГУ по инициативе профессора А.А. Годовикова началась организация специализированных групп студентов по профилю «экспериментальная минералогия», для которых читались дополнительные спецкурсы лекций, такие как «Термодинамика природных процессов» (Г.Р. Колонин), «Физические свойства кристаллов» (М.Г. Сербуленко), «Рост кристаллов» (В.И. Косяков). Из первой такой группы вышли А.М. Дорошев, Б.А. Фурсенко, Г.П. Широносова, быстро ставшие видными специалистами в своих разделах экспериментальной минералогии. Устойчивые связи поддерживались и с геологическим факультетом МГУ как в варианте приглашения новых молодых специалистов (Т.П. Аксёнова), так и в форме длительных рабочих визитов и стажировок для проведения совместных экспериментов (И.А. Киселёва, Н.А. Калиткина, С.К. Ряховская, О.А. Артёменко, Н.А. Муравьёва).

Принципиальное значение для развития работ по экспериментальной минералогии в институте имела целенаправленная издательская деятельность В.С. Соболева и А.А. Годовикова. Пожалуй, главным достижением здесь стало учреждение такого специализированного «продолжающегося» издания, как «Материалы по генетической и экспериментальной минералогии», первые восемь томов которого вышли в 1963–1975 гг. В них обширные обобщающие статьи по природным минералам Н.Л. Добрецова, В.В. Ревер-

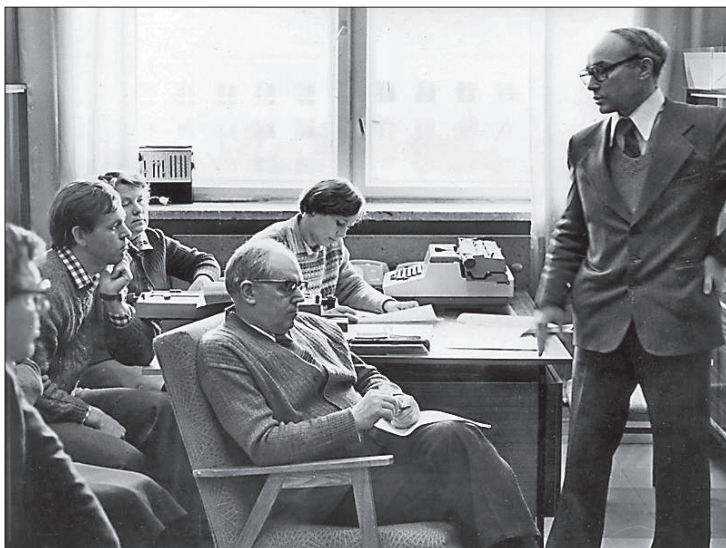


Заместитель директора проф. А.А. Годовиков знакомит директора ИГиГ СО АН СССР А.А. Трофимука и вице-президента АН СССР А.В. Сидоренко с аппаратом высокого давления. На заднем плане — заведующий лабораторией И.Ю. Малиновский. 1980 г.

датто, В.В. Золотухина, К.Б. Кепежинскаса, Е.Н. Ушаковой и др. соседствовали с первыми результатами экспериментальных и теоретических исследований А.А. Годовикова, Г.Р. Колонина, В.А. Киркинскогo, Д.В. Калинина, И.А. Белицкого и др. Начиная с 1968 г. также регулярно выпускались ежегодные специализированные сборники кратких статей серии «Экспериментальные исследования по минералогии», выходившие вплоть до 1983 г.

Середина 60-х стала для лаборатории экспериментальной минералогии периодом, когда она окончательно доказала свою жизнеспособность и перспективность. В это время были защищены первые кандидатские диссертации (Г.Р. Колонин, В.А. Киркинский, И.А. Белицкий, И.Ю. Малиновский, Г.В. Букин и др.). Стали обычными массовые выезды сотрудников на большие экспериментальные совещания (Львов, 1964), «хитариады» в ГЕОХИ и др. Были опубликованы и подготовлены к печати первые монографии (А.А. Годовиков, Д.В. Калинин). Безусловным фактом признания всесоюзного уровня лаборатории стал полученный ею «мандат» на организацию проведения первого за Уралом Всесоюзного совещания по экспериментальной и технической минералогии и петрографии (10–14 июня 1968 г.), в котором принимали участие около 150 иногородних исследователей.

Фактическим свидетельством успехов экспериментальной минералогии в Сибири стала и реорганизация осенью 1968 г. лаборатории экспериментальной минералогии, насчитывавшей к тому моменту около 60 сотрудников, в отдел ИГиГ СО АН, состоявший из трех лабораторий. Это были лаборатории пиросинтеза, гидротермального синтеза рудных минералов и гидротермального синтеза силикатов, заведующими которых стали соответственно А.А. Годовиков, Г.Р. Колонин и Д.В. Калинин. Несколько позже в качестве самостоятельных выделились лаборатории высоких давлений (В.А. Киркинский) и физических свойств кристаллов (М.Г. Сербуленко).



Д.г.-м.н. Г.Р. Колонин выступает на семинаре отдела. Сидят (слева направо): Г.Ю. Шведенков, А.П. Елисеев, В.И. Богданова, А.А. Годовиков, Г.Г. Лохова (Храненко)

Накопленный научный потенциал, современная экспериментальная база и приобретенный опыт достаточно быстро проявили себя в форме ярких достижений в новой тогда области экспериментальной минералогии — синтезе искусственных минералов с заданными свойствами. После первой «ласточки» (разработка Д.В. Калининым с сотрудниками технологии получения «голубых» амфиболовых асбестов) вторым прорывом в область новых технологий стал осуществленный А.А. Годовиковым, В.В. Бадиковым и Б.Г. Ненашевым способ выращивания крупных и приемлемых по акустооптическим свойствам кристаллов прустита ( $\text{Ag}_3\text{AsS}_3$ ). Особенно крупным успехом закончились выполненные Г.В. Букиным по инициативе В.С. Соболева и при участии А.А. Годовикова эксперименты по выращиванию кристаллов искусственного изумруда, пригодных для использования как в качестве ювелирного сырья, так и для изготовления рабочих тел в лазерных и мазерных системах.

В совокупности с достижениями в фундаментальных разделах экспериментальной минералогии эти результаты в конечном итоге привели к принятому Сибирским отделением АН решению о строительстве для дальнейшего развития экспериментальных исследований отдельного лабораторного экспериментального корпуса и механических мастерских ИГиГ. Строительство было осуществлено уже в 1971–1972 гг., что трудно себе представить по нынешним временам. В последующем заинтересованность в расширении работ по получению технических кристаллов возникла и со стороны ряда институтов СО АН физического и химического профиля, причастных к развитию научного приборостроения в направлении акусто- и оптоэлектроники. Это существенно способствовало появлению уже в середине 70-х годов в «поясе внедрения» ННЦ многоэтажного красавца-корпуса Конструкторско-технологического института монокристаллов.

В целом же представляется, что минералогами и геохимиками отдела экспериментальной минералогии был внесен важный, если не решающий



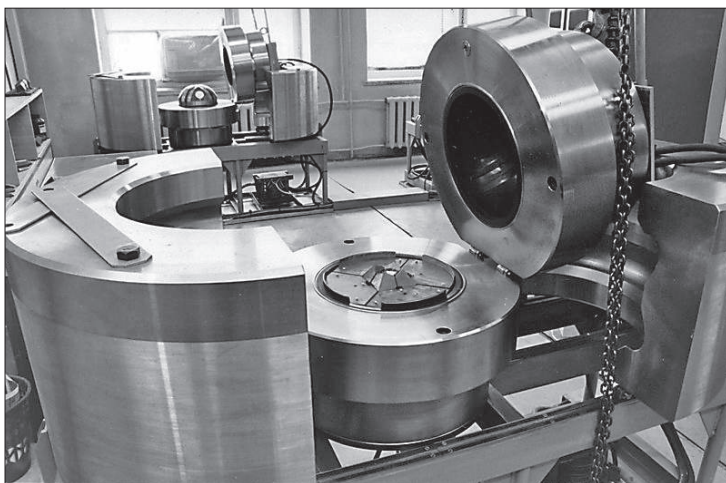
За работой в прессовом зале. Установки УВД-2000 (до 200 кбар) и поршень-цилиндр (до 40 кбар)

вклад в становление сибирской экспериментальной минералогии. Ими также были существенно развиты и многие теоретические направления кристаллохимии, минералогии и геохимии, такие как закономерности химической связи в минералах как основы их классификации (А.А. Годовиков), сочетание термодинамического анализа и экспериментального моделирования условий минерало- и рудообразования (Г.Р. Колонин), особенности полиморфизма и изоморфизма в области высоких температур и давлений (В.А. Киркинский), химические условия и особенности выщелачивания катионной составляющей цеолитов, включая радиоактивные (Rb, Sr) изотопы (В.И. Богданова).

Важная роль в развитии экспериментальной минералогии в ИГиГ принадлежит также представителям томской геологической школы. В частности, Д.В. Калинин и его учениками были развиты экспериментальные методы изучения кинетики образования и роста кристаллов алюмосиликатов, получения агрегатов голубого асбеста с заданными свойствами. И.А. Белицкий с сотрудниками получил важные результаты по изучению адсорбционных процессов с участием природных и синтетических цеолитов и других минеральных материалов.

Отдельного внимания заслуживают результаты изучения условий устойчивости важнейших породообразующих минералов и их ассоциаций в условиях высоких и сверхвысоких давлений, в том числе с использованием аппаратуры нового типа («разрезная сфера»).

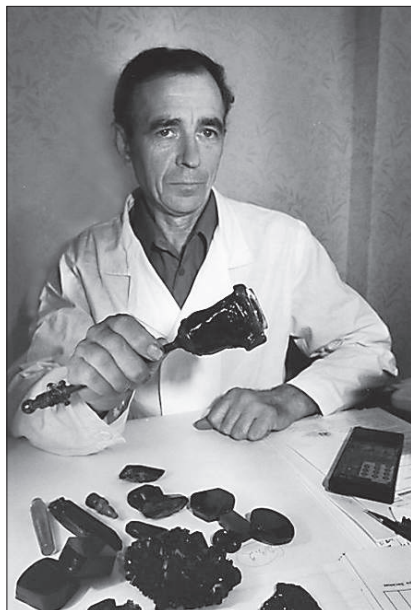
В 70-х годах в нашем институте по инициативе А.А. Годовикова и И.Ю. Малиновского начались работы по созданию аппаратов высокого давления. В то время тематика сверхвысоких давлений была очень популярна. Аппаратурная база была необходима прежде всего для решения фундаментальных проблем петрологии высоких давлений. Однако весьма актуально стояла и проблема получения крупных монокристаллов алмаза. В СССР уже существовали аппараты типа «наковальня с лункой», на которых базирова-



«Разрезная сфера» — первый аппарат сверхвысокого давления для производства синтетических алмазов (КТИ МК)

лось производство абразивных порошков алмаза по «скоростным» технологиям, однако адаптировать эту технику для получения крупных монокристаллов не удавалось.

В 1978 г. в лаборатории И.Ю. Малиновского была организована группа для работы по алмазной тематике, состоявшая из двух сотрудников — А.И. Чепурова и Ю.Н. Пальянова, а в 1979 г. — получены первые алмазы. Для развития направления высоких давлений и прежде всего для разработки аппаратуры сверхвысоких давлений в СКТБ монокристаллов организовали лабораторию под руководством Э.Н. Рана. За созданием беспрессовой аппаратуры «разрезная сфера» (БАРС) стоит огромный труд десятков сотрудников института, которые в разные годы внесли свой посильный вклад в эту разработку. Несколько поколений аппаратов высокого давления разработано нашими конструкторами Э.Н. Раном, В.Н. Чертаковым и Я.И. Шуриным под руководством И.Ю. Малиновского, который, безусловно, являлся главным идеологом данного направления. В этот период на стадиях монтажа, отработки и запуска аппаратов немало пришлось потрудиться и научным сотрудникам А.И. Чепурову, А.М. Дорошеву, Ю.Н. Пальянову, А.А. Калинину, Ю.М. Борздову и В.М. Сонину. Лишь к концу 80-х годов был создан многопуансонный аппарат «разрезная сфера», на котором впервые в России мы получили крупные кристаллы синтетического алма-



Заведующий сектором КТИ МК А.И. Алимпиев с выращенными кристаллами хризоберилла (александрита). 2000 г.



Участники Второго Международного симпозиума по термодинамике природных процессов после заседания в Доме ученых. Новосибирск, сентябрь 1992 г.

за ювелирного качества массой до 1,5 карат (Пальянов и др., 1990). После аттестации наших кристаллов в ведущих научных центрах разработанная аппаратура и комплекс оригинальных технологий получили международное признание и соответствующие названия: БАРС-установки, БАРС-кристаллы и БАРС-технологии.

Дальнейшее развитие направления по росту кристаллов алмаза в лаборатории процессов минералообразования в условиях высоких давлений (зав. лаб. д.г.-м.н. Ю.Н. Пальянов) привело к крупному практическому достижению — стабильному выращиванию высококачественных монокристаллов массой до 4 карат, а рекордных — до 6 и даже до 10 карат. Комплексное исследования процессов роста кристаллов алмаза, изучение их реальной структуры и свойств позволяет сегодня не только воспроизводить основные типы кристаллов, существующие в природе, но и получать алмазы с новыми заданными свойствами, аналогов которым в природе не существует. Управлять свойствами алмаза можно не только в процессе роста: в лаборатории разработаны методы термобарической обработки, направленные на трансформацию реальной структуры и свойств как природных, так и синтетических алмазов. Успехи сотрудников лаборатории позволили начать работы по практическому применению монокристаллов синтетического алмаза в высокотехнологических областях науки и техники. Тематика проводимых исследований связана с теми областями, где использование алмаза вместо традиционных материалов позволит решить ряд проблем принципиального характера. Так, из высококачественных монодислокационных кристаллов изготовлены алмазные наковальни, элементы рентгеновской оптики и детекторы ионизирующих излучений. Все эти изделия прошли успешные испытания в ведущих специализированных научных центрах.

Другим важнейшим направлением исследований лаборатории является экспериментальное моделирование процессов алмазообразования. Это достаточно новое направление, поскольку до недавнего времени считалось, что синтез алмаза при  $P$ – $T$ -параметрах, близких к условиям природного алмазо-

образования, может осуществляться только в расплавах переходных металлов. Комплексными экспериментальными исследованиями в широком диапазоне  $P$ – $T$ -параметров и составов впервые доказана возможность кристаллизации алмаза в щелочных карбонатно-флюидных системах, моделирующих состав мантийного флюида, при реальных  $P$ – $T$ -параметрах природного алмазообразования (Pal'yanov et al., 1999). Определены условия образования алмаза при карбонат-силикатном взаимодействии. Экспериментально доказано, что карбонатно-силикатно-флюидные системы могут быть не только средой кристаллизации алмаза, но и источником углерода (Pal'yanov et al., 2002). Исследованы процессы и механизмы кристаллизации алмаза в системе  $KCl$ – $K_2CO_3$ – $H_2O$ – $C$ , что позволило обосновать эволюцию состава глубинных ультракалийевых флюидов/расплавов в качестве важнейшего фактора алмазообразования в мантийных и метаморфических процессах (Pal'yanov et al., 2007). В экспериментах с использованием пород Кокчетавского массива обоснована определяющая роль флюида в процессах генезиса метаморфогенных алмазов и впервые смоделированы условия захвата микроалмазов кристаллами граната.

Совокупность полученных результатов является, прежде всего, основой для построения адекватных моделей алмазообразования и непосредственно связана с фундаментальной проблемой генезиса алмаза. Новые данные также представляют значительный интерес при решении глобальных проблем состава верхней мантии и метаморфизма сверхвысоких давлений. Выяснение основных закономерностей алмазообразования и определение главных факторов, контролирующих нуклеацию и рост алмаза, имеют важное практическое значение, поскольку могут использоваться при разработке поисковых критериев, поисках алмазных месторождений нового типа, а также при разработке новых способов получения синтетических алмазов.

Начиная с 2002 г. в рамках контрактов активно развивается сотрудничество с Геофизической лабораторией Института Карнеги (Вашингтон, США), направленное на практическое применение полученных нами кристаллов для алмазных наковален и ориентированных высококачественных элементов для наращивания алмаза из газовой фазы.



Директор СКТБ МК (1985–1993) к.г.-м.н. Г.В. Букин



«Глазам не поверила, ухом проверила – работает!» Аспирантка А.Ю. Тарасова





## Гимн экспериментаторов

Влага меня не разложит на атомы,  
Выйду сухим из огня я.  
Мыслями, с неба высокого взятыми,  
В эксперименты влезая.

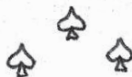
Печи надежно асбестом обернуты,  
Смачно трещит автоматика,  
Тылом железным к природе повернута  
Наша родная тематика.

Мы не позволим себя игнорировать,  
С нами шутить не годится.  
Всюду, где можно, мелькают пронырливо  
Наши веселые лица.

Золото звезд и подземная платина  
Служит нам верно, но мало.  
Экстраполируем наши понятия  
В область земного подвала.

Щелочь кипит и земля растворяется,  
Только pH не вини ты.  
Страшно внизу, там страдают и маются  
В адском огне трилобиты.

Нам тайны нераскрытые раскрыть пора.  
В земле без пользы тайны, как в копилке.  
Мы тайны эти с корнем вырвем из нутра  
При помощи насоса и пробирки.



В попытке если не воскресить, то хотя бы проиллюстрировать дух и сущность того уже достаточно отдаленного времени приведем фрагмент «Юбилейной книги», преподнесенной А.А. Годовикову в 1979 г. на его 50-летие коллективом возглавлявшейся им лаборатории пиросинтеза. Это «Гимн экспериментаторов», сочиненный на мелодию общеизвестной песни В. Высоцкого, который свидетельствует о том, что мы тогда умели не только работать с большим удовольствием и высокой результативностью, но и с удовольствием петь и плясать.