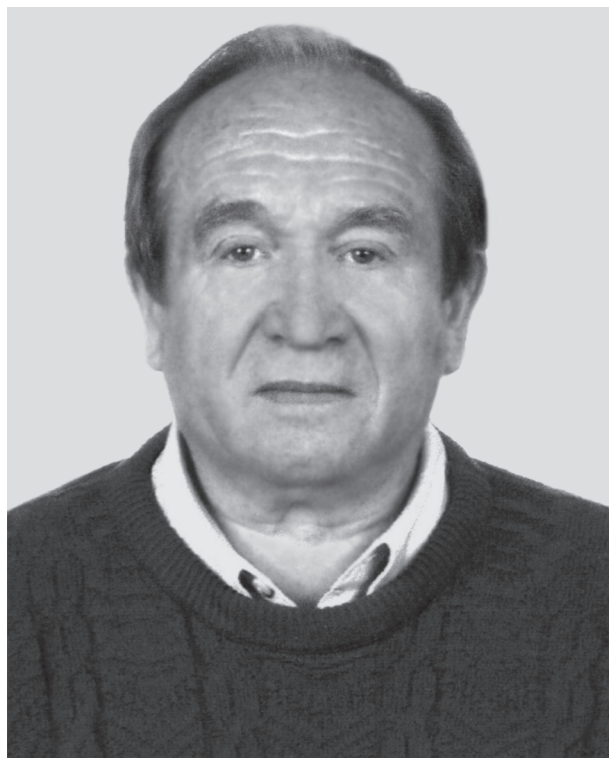


## НИКОЛАЙ АЛЕКСАНДРОВИЧ БУЛЬЕНКОВ (16.10.1933–10.10.2021)

DOI: 10.31857/S0023476122030158

*Не говори с тоской: их нет;  
Но с благодарностью: были.  
В.А. Жуковский “Воспоминание” (1821)*



Десятого октября 2021 г. после непродолжительной болезни, не дожив нескольких дней до восьмидесяти восьми лет, скончался доктор химических наук Николай Александрович Бульенков.

Николай Александрович родился 16 октября 1933 г. в селе Троицкое Медынского района Смоленской области. Семья его вскоре переехала в Москву, где после окончания средней школы в 1951 г. он поступил в Московский институт стали им. И.В. Сталина (в настоящее время НИТУ МИСИС). Окончив в 1957 г. институт, Николай Александрович поступил на работу в ГИРЕДМЕТ, а через два года был принят в аспирантуру в МИТХТ. После защиты кандидатской диссертации три года он проработал в ИРЕА, после чего до 1977 г. в МИТХТ, где в 1972 г. успешно защитил докторскую диссертацию. Затем была работа в

Минералогическом музее им. А.Е. Ферсмана АН СССР, Институте проблем технологии микроэлектроники и особо чистых материалов АН СССР, ВПО “Союзкварцсамоцветы” Министерства Геологии СССР и, наконец, последние тридцать лет в Институте физической химии и электрохимии им. А.Н. Фрумкина РАН.

Николай Александрович обладал безграничной любовью к научному поиску, смелостью и оригинальностью идей, видением актуальных фундаментальных проблем. Его научная деятельность была посвящена изучению структурных механизмов физико-химических процессов. Сначала это был анализ различных процессов, протекающих в кристаллических веществах. Здесь большое влияние на Н.А. Бульенкова оказало посещение научного семинара, руководимого академиком Н.В. Беловым. Наиболее важными из полученных на этом этапе результатов Николай Александрович называл установление механизма взаимодействия вакансий и донорных примесей в сильнолегированных кристаллах кремния; построение модели процессов формообразования и возникновения микропористости в кристаллах корунда, выращенных методом Чохральского, и определение напряжения в них по особенностям дислокационной структуры; изучение реакций в покрытиях из дисилицида и боросилицида молибдена на молибдене, защищающих его от высокотемпературного окисления. Все перечисленные материалы имели важное научное и практическое значение, которое не утратили и по настоящее время.

Однако наиболее ярко талант Н.А. Бульенкова как кристаллографа раскрылся в последующих работах, когда он перешел к моделированию структур и изучению структурных механизмов процессов в твердых телах апериодического строения. К концу XX века наметился переход от изучения равновесных кристаллических материалов, для которых имеются экспериментальные дифракционные и теоретические методы, адекватные их периодическому строению, к изучению

неравновесных гетерогенных материалов аperiodического строения. Прямые экспериментальные методы изучения атомных структур этих материалов отсутствовали (и продолжают отсутствовать или не дают полной картины и в настоящее время). Это привело Николая Александровича к пониманию того, что моделирование аperiodических структур с учетом геометрических параметров связей между атомами и других известных данных и определение критериев достоверности полученных структур становятся наиболее актуальными задачами, так как моделирование является чуть ли не единственным способом определения трехмерных структур неравновесных и гетерогенных системных объектов с аperiodическим, но локально упорядоченным строением. В свою очередь, моделирование кооперативных перестроек этих структур может позволить понять механизмы процессов самоорганизации, формообразования и функционирования рассматриваемых материалов. Кроме того, структурное моделирование необходимо также для создания новых неравновесных, но стабильных материалов, не получающихся традиционными методами достижения фазового равновесия.

Н.А. Бульенков предложил новый подход к пониманию механизма самоорганизации кристаллических и некристаллических структур на атомно-молекулярном уровне. Этот подход основан на рассмотрении геометрических возможностей образования структур, которые, в свою очередь, связаны с энергетикой межатомного взаимодействия. Для реализации этого подхода Бульенков ввел понятие “модуль”. Кристаллические модули — выделяемые в существующих кристаллических структурах трехмерные замкнутые петли связей — удовлетворяют условию связанности при требуемых значениях стереохимических параметров связей, обеспечивающих минимум свободной энергии. Преобразование кристаллических модулей путем введения в них сдвига, дисклинаций или диспираций позволяет получить некристаллические модули — трехмерные замкнутые петли связей, трансляциями которых нельзя получить кристалл, но в которых стереохимические параметры отличаются от исходных только в пределах упругой деформации.

Введение понятия “кристаллический модуль” позволило иначе взглянуть на причину стабильности структуры, так как теперь внимание было сосредоточено не на минимуме свободной энергии, а на полной связанности структуры. Кристаллический модуль отражает геометрию ло-

кальной связанности в структуре кристалла. Понятие “модуль” позволило понять суть процесса самоорганизации любых стабильных структур, который состоит в последовательном завершении двумерных, а затем и образованных ими трехмерных замкнутых модульных петель. Для кристаллических структур эти трехмерные замкнутые петли представляют собой кристаллические модули, а для аperiodических структур это какая-либо совокупность кристаллических модулей различных кристаллических модификаций данного вещества и трехмерных замкнутых петель, не являющихся кристаллическими модулями.

Это получило отражение в предложенном Николаем Александровичем методе модульного дизайна структур, который состоит в получении новых структур путем прибавления модулей (кристаллических или некристаллических) рассматриваемого вещества, примыкающих к уже образованной части структуры. Применение модульного дизайна позволило создать модели разных типов структур, включенных в поля охвата обобщенной кристаллографии: кристаллов, аperiodических типологий твердого тела неживой природы (кластеров, квазикристаллов, аморфных тел, полимеров, супрамолекулярных структур и т.д.) и аperiodических математических объектов (фракталов, мозаик Пенроуза и т.д.). В том числе были построены параметрические структуры воды, которые соразмерны биомолекулам, кристаллам биомолекул, вирусам и другим молекулярным и надмолекулярным биосистемам, могут объединяться друг с другом и образовывать иерархические структуры, так как являются приближениями различного уровня к фрактальным структурам. Последнее позволило Николаю Александровичу высказать и структурно обосновать смелую и оригинальную идею о том, что подобные водные структуры лежат в основе самоорганизации биосистем, так как являются общей системообразующей структурной составляющей биосистем, которая по соразмерности с собой подбирает другие структурные составляющие.

Николай Александрович — автор более ста научных работ, 17 авторских свидетельств. Под его руководством были подготовлены и успешно защищены несколько кандидатских и одна докторская диссертация.

Он был стойким и мужественным в испытаниях, незаменимым старшим товарищем, верным и надежным другом. Память о нем останется в сердцах его учеников, друзей и коллег.