

Легенды ИНХ:  
Борисов Станислав Васильевич  
(07.07.1930—18.02.2023)



# Детство

1 – панорама села Троицкое;

2,3 – бабушка и дедушка;

4 – с мамой и отцом (2 года);

5 – старший брат Александр;

6 – 2 года;

7 – отец на охоте;

8 – с братьями.



# Учеба в Горьковском госуниверситете. 1948-1953 гг.



# Аспирантура ГГУ. 1953-1956 гг.

## Из воспоминаний С.В.:

*«После окончания университета нам, двум дипломникам академика Н.В. Белова (В.П. Головачеву и мне), была предоставлена возможность разыграть два места: аспирант или ассистент кафедры. По обоюдной договоренности мне досталась аспирантура, т.е. предстояло сдавать вступительные, а потом и кандидатские экзамены».*



Акад. Н.В. Белов



Обработка данных на Ремингтоне



Работа на рентгеновском аппарате

# Ассистент кафедры. 1956-1958 гг.

Выдержка из характеристики ассистента кафедры «Кристаллография и физика металлов» ГГУ С.В. Борисова:

*«Работая ассистентом, читал курс лекций по физике рентгеновских лучей, вел лабораторный практикум по рентгенографии, рентгеноструктурному анализу и металловедению. Одновременно занимался научной работой по теории и практике рентгеноструктурного анализа. За время учебы и работы показал себя способным к научной работе и педагогической деятельности.*

*... выполнял различные общественные поручения: был старостой студенческой группы, комсоргом факультетской группы сотрудников, агитатором студенческой группы и агитатором избирательного участка».*

*Осенью 1957 года участвовал в уборке урожая на целинных землях».*



В лаборатории



На Целине

# Московский период. 1958-1960 гг.

## Из воспоминаний С.В.

«Когда в 1957 году было создано Сибирское Отделение Академии Наук, Н.В. Белов рекомендовал туда ряд неустроенных, по его мнению, учеников, среди которых был и я. Почти два года я имел возможность работать в его лаборатории, числясь сотрудником сибирского института и получив временную прописку в Москве. За это время я успел познакомиться со столичной наукой и даже зарубежной, т.к. был секретарем Оргкомитета Международной Федоровской сессии в 1959 году».

1. Борисов С.В., Павлов П.В., Белов Н.В. «Графический метод решения основных неравенств Харкера-Каспера» // Кристаллография. 1958. Т.3, №1. С. 90–92.
2. Борисов С.В., Головачев В.П., Белов Н.В. «О произвольно задаваемых знаках при прямых способах расшифровки кристаллических структур» // Кристаллография. 1958. Т.3, №3. С. 269–276.
3. Борисов С.В., Головачев В.П. «Об уточнении радиуса камеры по рентгенограммам» // Кристаллография. 1958. Т.3, №3. С. 384–385.
4. Belov N.V., Golovachev V.P. «On the arbitrarily chosen signs in direct methods for solving crystal structures» // Proc. of the Nation. Inst. Of Sciences of India. 1959. V. 25A, №4. P. 220–229.

АКАДЕМИЯ НАУК СССР  
ИНСТИТУТ КРИСТАЛЛОГРАФИИ

АКАДЕМИК  
НИКОЛАЙ ВАСИЛЬЕВИЧ  
БЕЛОВ

Тел. В 1-06-22 (сл.)  
Ж 2-30-79 (дом.)

Москва В-17. Пыжевский пер. д. 3  
Москва Ж-4. Б. Коммунистическая, д. 24, кв. 19

## СПРАВКА

Дана младшему научному сотруднику ИХ СО АН СССР  
Борисову Станиславу Васильевичу в том, что он с 7 мая 1958г  
и по настоящее время работает в порядке прикомандирования в  
рентгеноструктурной лаборатории Института кристаллографии  
АН СССР по тематике ИХ СО АН СССР. Работники рентгеноструктур-  
ной лаборатории Института кристаллографии имеют пятичасовой  
рабочий день и дополнительный отпуск в размере 18 рабочих  
дней согласно Приложению №1 к постановлению СНК СССР №1595 от  
12 июля 1941 г /см. "Охрана труда" Профиздат 1953г. стр.399/  
Справка дана для представления в дирекцию ИХ СО АН СССР.

Заведующий рентгеноструктурной  
лабораторией Института  
Кристаллографии АН СССР

академик

*Н.В. Белов*  
/Н.В. Белов/

# Выбор на всю жизнь

## Из воспоминаний С.В.:

*«Попал я в Сибирское отделение благодаря моему шефу по аспирантуре академику Н.В. Белову. ...Он посоветовал мне обратиться к одному из выбранных по Сибири члену-корреспонденту АН, своему давнему знакомому профессору МГУ Георгию Борисовичу Бокию.*

*...У него (Г.Б.) был в голове чёткий план, чем будет заниматься теоретический отдел организуемого А.В. Николаевым Института неорганической химии. Рентгеноструктурной лаборатории в этом отделе отводилась главная роль и, естественно, это мне понравилось.*

*...кроме продолжения научной работы по теме аспирантуры (расшифровка структур минералов) на меня и на других, принятых на работу в СО АН, свалилась масса организационных дел. Это составление заявок на оборудование, согласование строительных чертежей, заявки на молодых специалистов, комплектация институтской библиотеки и т.п. Мы ходили по книжным и букинистическим магазинам и брали всё, что считали нужным.»*



Чл.-корр. Г.Б. Бокий

# Переезд в Академгородок. 1960 г.

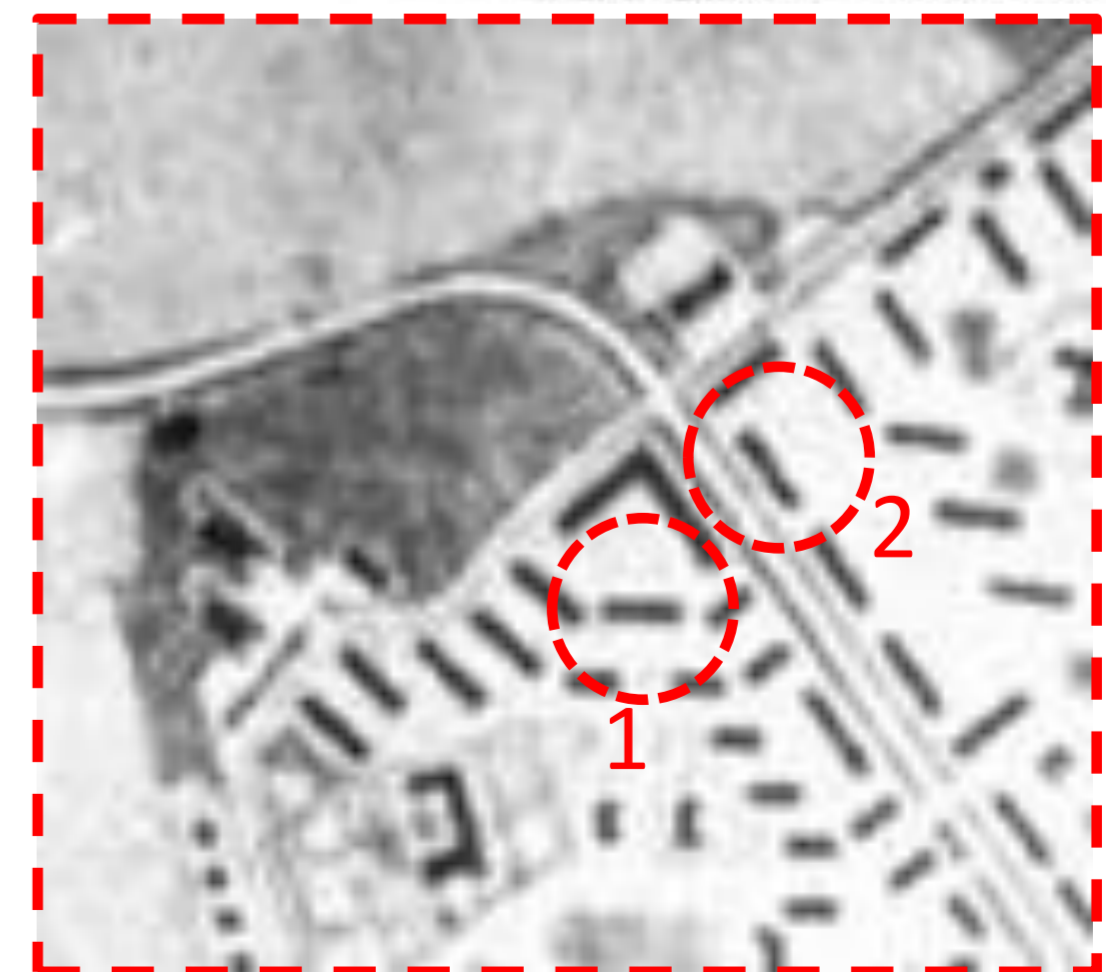
## Из воспоминаний С.В.:

*«Улиц тогда не было – только микрорайоны Щ, Д, А... Дом, в котором я поселился имел номер 8а. (дата прописки 21 марта 1960).*

*... дом из красного кирпича, первая пятиэтажка Академгородка (в наст. время пр. Морской, д. 4). Это и был №8а, который гордо именовался «высоткой».*

*Квартиры тогда давали с запасом, Нам на двоих с женой выделили двухкомнатную.*

*Многие сотрудники жили в городе и ездили на работу в Академгородок на грузовиках... Дорога была отвратительная. Собственно, дороги как таковой не было. Машины застревали в грязи, после ливней были места, где даже ГАЗ не справлялся.*





# Становление лаборатории

Из воспоминаний С.В.:

«Приехав в Новосибирск, я включился в довольно уже большой коллектив, работающий на улице Советской, 20 и в Академгородке в здании Института Гидродинамики.

Здесь тоже (как и в Москве) продолжалась эйфория с получением оборудования и его наладкой. В нашем распоряжении была вся научная периодика. Зарубежные журналы тогда копировались поголовно, так как страна не входила в соглашения по авторским правам.

В ведущих химических журналах уже в те годы структурные характеристики веществ занимали важное место, чего нельзя было сказать про отечественные химические работы. И наши синтетика не спешили снабжать нас кристаллами.

Поэтому ещё несколько лет мы работали на минералах, доделывали свои кандидатские диссертации.»

В. В. Илюхин и С. В. Борисов

## КОЛИЧЕСТВЕННЫЕ ОЦЕНКИ МАКСИМУМОВ ТРЕХМЕРНОЙ ФУНКЦИИ ПАТЕРСОНА

На примере трехмерной функции Патерсона для недавно расшифрованной структуры Zr-силиката ловозерита сравнены экспериментальные мощности максимумов этой функции с рассчитанными по предлагаемому формулам. Проанализирован эффект температурного фактора.

Чрезвычайно возросшая за последние годы роль функции Патерсона в прямых методах структурного анализа сделала эту функцию предметом разностороннего изучения (работы Бёргера [1], Симонова [2] и др.). Для еще более глубокого ее использования в прямых методах желательно иметь надежные методы теоретического расчета «образов» функции Патерсона, которые давали бы числа, удовлетворительно совпадающие с тем, что дает гармонический анализ на основе экспериментальных величин — тем или иным образом замеренных интенсивностей дифракционной картины. В первую очередь нужны формулы, оценивающие мощность (высоту) патерсоновских пиков и их форму для различных пар атомов, порождающих каждый конкретный пик. Необходимые оценки получаются довольно быстро и легко, если пользоваться хорошо разработанными в [3, 4] методами подсчета интегральных характеристик и таблицами атомных факторов [5].

Для этого функцию Патерсона

$$P(r) = \frac{1}{V} \sum \sum \sum F_H \times F_H^* \cos 2\pi(\vec{H}\vec{r}) \quad (1)$$

будем считать функцией электронной плотности от некоторой центросимметрической структуры со всеми положительными амплитудами

$$\begin{aligned} F'_H = F_H \cdot F_H^* &= \sum_{n=1}^N f_n e^{2\pi i(\vec{H}\vec{r}_n)} \times \sum_{j=1}^N f_j e^{-2\pi i(\vec{H}\vec{r}_j)} = \\ &= \sum_{n=1}^N f_n^2 + \sum_{n \neq j}^N f_n f_j e^{2\pi i[\vec{H}(\vec{r}_n - \vec{r}_j)]}. \end{aligned} \quad (2)$$

Такая «структура» имеет в начале ячейки «атом» с рассеивающей способностью  $\sum_{n=1}^N f_n^2$  и еще  $N(N-1)$  атомов с рассеивающей способностью

$f_n \times f_j$  в положениях  $(\vec{r}_n - \vec{r}_j)$ . Расчет мощностей максимумов патерсоновской функции и их формы, очевидно, может быть осуществлен по формулам, выведенным в [3] для функции электронной плотности с заменой всюду  $f_j$  на  $f_n \times f_j$ .

Чтобы вычислить высоту максимума, создаваемого некоторой парой атомов, можно воспользоваться приближенными формулами из [3,4]:

$$P'_{ij}(0) = kZ_{cp}^\alpha p \text{эл}^2 / \text{А}^2. \quad (3)$$

# Становление ИНХ

Из воспоминаний С.В.: «Правильно говорят, что без истории нет народа. И это, наверное, справедливо для любого коллектива. Очень многое зависит от того, как он рождался, как приобретал свой облик. Средний возраст сотрудника ИНХ при рождении Института был меньше 25 лет. Это были птенцы советского образования, опричники науки. Свобода научной мысли определяла и весь стиль жизни. Не случайно молодой профсоюз Сибирского отделения соперничал с Президиумом, такая была демократия! Конечно, во главе стояли пассионарии, их объединяла идея сделать всю жизнь по науке разумной и справедливой».



# Первые расшифровки кристаллических структур в ИНХ. 1962 г.

Доклады Академии наук СССР  
1962. Том 147, № 3

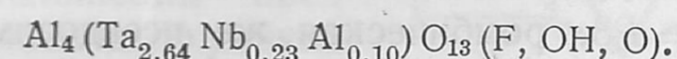
## МИНЕРАЛОГИЯ

С. В. БОРИСОВ, академик Н. В. БЕЛОВ

### КРИСТАЛЛИЧЕСКАЯ СТРУКТУРА СИМПСОНИТА $Al_4Ta_3O_{13}$ (F, OH)

Как в отношении формулы симпсонита, так и в отношении параметров его ячейки нет единого мнения. С параметрами ячейки происходит очевидное недоразумение, но уточнение химической формулы возможно лишь в результате определения кристаллической структуры. Предложенные формулы:  $Al_6Ta_4O_{19}$  <sup>(1)</sup>, а также  $4Al_2O_3 \cdot 3Ta_2O_5$  <sup>(2)</sup> не сопоставимы с объемом ячейки ( $\sim 213 \text{ \AA}^3$ ), ибо в обоих случаях вытекающее из формулы число атомов O намного (в  $1\frac{1}{2} - 2$  раза) больше того количества, которое может уместиться в ячейке даже в условиях наиболее плотной упаковки.

Рентгеноструктурному исследованию были подвергнуты образцы отечественного симпсонита, любезно предоставленные В. Матиасом. Параметры гексагональной ячейки:  $a = 7,38 \pm 0,02$ ,  $c = 4,51 \pm 0,02 \text{ \AA}$ , находятся в хорошем согласии с данными <sup>(1,2)</sup> (у Бетехтина <sup>(3)</sup>, Штрунца <sup>(4)</sup> и Дэна <sup>(5)</sup>) мы находим  $a = 6,2$ ,  $c = 4,5 \text{ \AA}$ ; по-видимому, это результат того, что вместо  $a$  взято  $d_{100} = a\sqrt{3}/2 = 6,4$ ?. Химический анализ образцов приведен в <sup>(2)</sup>. Исходя из удельного веса (6,67) и объема ячейки, нетрудно получить, что в элементарной ячейке содержится  $Al_4Ta_3O_{13}$  (F, OH) или, более точно:



Симметрия дифракционной картины для отражений  $hk0$ ,  $hk1$ ,  $hk2$  определяет для симпсонита две возможные пространственные группы:  $C_3^1 = P3$

Бся вычислительная часть работы по определению структуры симпсонита производилась в Вычислительном центре Сибирского отделения АН СССР при активном участии сотрудников Института математики Сибирского отделения АН СССР (группа В. И. Бурдиной) и математической группы лаборатории кристаллохимии Института неорганической химии Сибирского отделения АН СССР (Ф. А. Брусенцев, В. Ф. Нуйкина).

Поступило  
20 VIII 1962

### ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

<sup>1</sup> L. Q. R. Taylor, J. Roy. Soc. West. Austr., 25, 93 (1939). <sup>2</sup> А. Ф. Соседко, А. П. Денисов, ДАН, 118, № 4, 811 (1956). <sup>3</sup> А. Г. Бетехтин, Минералогия, М., 1950. <sup>4</sup> H. St r u n z, Mineralogische Tabellen, 3. Auflage, Leipzig, 1957. <sup>5</sup> Дж. Д. Дэна и др., Система минералогии, 1, полутом 2, М., 1951. <sup>6</sup> Б. К. Вайштейн, ЖЭТФ, 27, № 1, 44 (1954). <sup>7</sup> Н. В. Белов, Структура ионных кристаллов и металлических фаз, М., 1947.



pastvu.com/723454 Evgeniy Krivoshein

**Из воспоминаний С.В.:** «В пятидесятые годы прошлого века расшифровка каждой структуры была событием, так как требовала и знания кристаллохимии, и многодневных «ручных расчетных процедур, и, конечно, фарта, удачи».

Скорицкая А.Ф., Борисов С.В., Соловьева Л.П. «Программа решения системы неравенств Харкера–Каспера на большой вычислительной машине. Двумерный случай» // Журн. структурн. химии. 1962. Т.3, №4. С. 469–471.

## Теоротдел ИНХ. 1963 г.



В состав отдела входили 4 лаборатории: кристаллохимии (зав. Г.Б. Бокий, с 1963 В.В. Бакакин), оптическая (зав. С.С. Бацанов), рентгеноспектральная (зав. Э.Е. Вайнштейн) и роста кристаллов (зав. П.В. Клевцов).

# Первые кандидатские ИНХ

Борисов С.В. «Обобщение импликационных методов расшифровки патерсоновской функции. Практическое применение к решению кристаллических структур кредита, уклонковита и симпсонита».

Автореферат дис. на соискание учен. степени кандидата физ.-мат. наук / АН СССР. Ин-т кристаллографии. Москва, 1964. 20 с.



**1965 г. Из характеристики Н.В. Белова:**

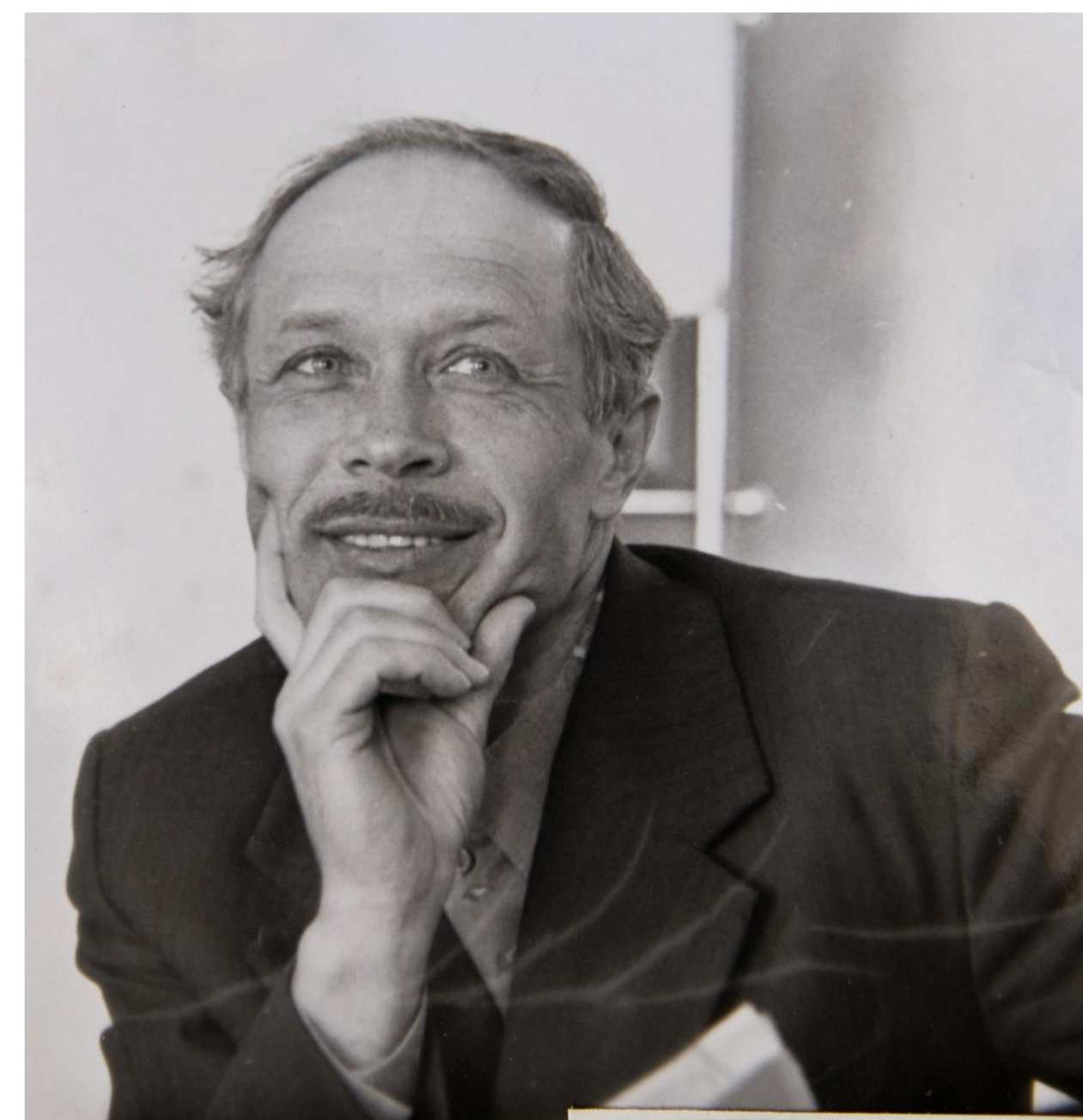
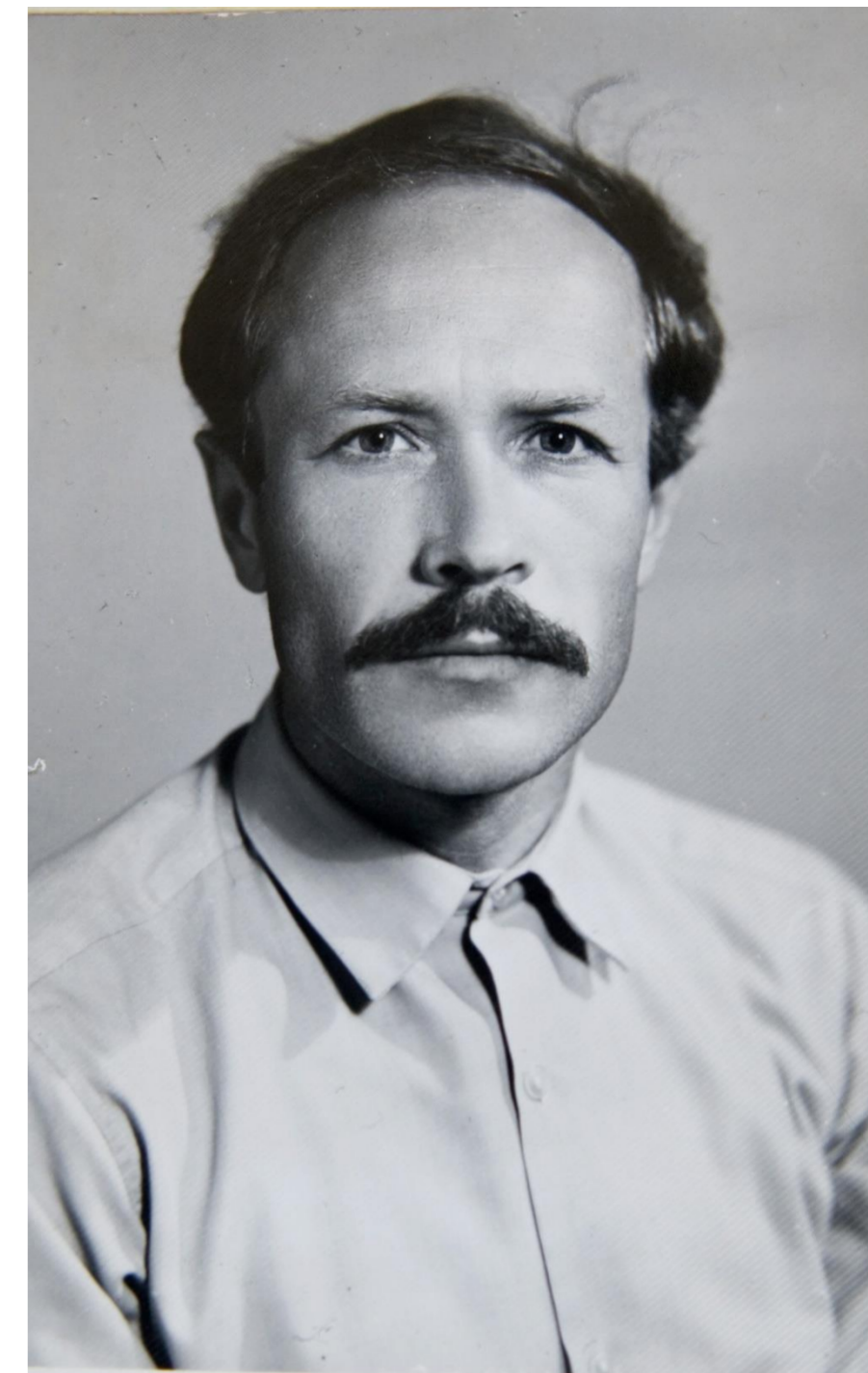
*"О высоких деловых качествах С.В. Борисова мне неоднократно приходилось говорить директору ИНХ академику А.В. Николаеву. Я лично очень горжусь своим учеником по Горьковскому госуниверситету и не могу не отметить большое достоинство С.В. Борисова уже сейчас проявлять себя старшим научным сотрудником в смысле оказания существенной помощи в работе тем, кто его окружает..."*

# 70-годы

1974 г. - защита докторской диссертации «Кристаллоструктурный анализ соединений с тяжелыми многозарядными катионами»

Из воспоминаний.: «Из крупных институтских проектов нельзя не вспомнить тему «дождь» – поиск новых реагентов льдообразователей, дешёвых заменителей уникального иодистого серебра. И хотя принципиальных результатов получить не удалось, эта работа была хорошей школой пропаганды структурных знаний. Уже не только директор, но и рядовые сотрудники почувствовали необходимость поднатужиться и получить не просто новое вещество, но и монокристалл.

В других институтах дело шло медленней. Помню, как на семинаре в НИОХе В.А. Коптюг (тогда ещё не академик) делал доклад по структурам органических соединений. Говорил об ИК-спектроскопии, ЯМР, масс-спектрометрии. Мы с В.В. Бакакиным спросили: «... а где же рентгеноструктурный анализ?». Ответ был: «так там же пространственная структура, а мы ей не занимаемся». Вскоре, однако, и они почувствовали вкус и приобрели (первый в СО РАН!) автоматический дифрактометр.»



1988—2000 г. – зав. лабораторией кристаллохимии.



Под руководством С.В. защитили кандидатские диссертации: Н.В. Подберезская, Т.М. Полянская, В.И. Лисойван, Н.А. Близнюк, И.А. Байдина.

2000 г. - премия им. Е.С. Федорова за цикл работ "Систематика природных силикатов и оксидов и зоны структурообразования в неорганических соединениях» (совместно с чл.-корр. Г.Б. Бокием).

## Размышления С.В. по поводу 100-летия РСТА

(2012 г.):

*«Рентгеноструктурный анализ приближается к своему столетнему юбилею.*

*Муки и радости первого поколения его служителей, прорвавшихся благодаря многократной увеличительной линзе кристалла в немислимый до этого микромир, заложили фундамент реальной – «трехмерной» – химии: для каждого атома теперь стало известно, в каком направлении, на каком удалении и кого именно можно встретить.*



*Расшифровка дифракционной картины определяла сразу форму и размеры атомной «квартиры» для данного вещества – элементарной ячейки его кристалла.*

*Установить же, где конкретно в ней фиксируются атомы, оказалось трудной задачей, способы решения которой для все более сложных структур совершенствуются до сих пор.*

*В нашей стране структурщики одними из первых стали использовать вычислительную технику. Долгие годы по качеству программ мы были на одном уровне с продвинутыми иностранцами. Хроническое отставание по «железу» загубило эту интеллектуальную струю в отечественном структурном анализе».*



# Кристаллографический анализ

В основе кристаллографического анализа лежит анализ наиболее заполненных кристаллографических плоскостей.

Монография (С.В. Борисов, С.А. Магарилл, Н.В. Первухина «Алгоритмы и практика кристаллографического анализа атомных структур» Новосибирск. Изд-во СО РАН, 2012) и многочисленные публикации (более 50) охватывают широкий круг актуальных кристаллических объектов, от минералов до сложных супрамолекулярных фаз.

## КРИСТАЛЛОГРАФИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ И ОСОБЕННОСТИ СТРОЕНИЯ СОТОВЫХ КАТИОННЫХ КАРКАСОВ В СТРУКТУРАХ $\text{Na}_2\text{FePO}_4\text{F}$ , $\text{NaFePO}_4$ И $\text{LiVOPO}_4$

**С.В. Борисов**, Н.В. Первухина, С.А. Магарилл

Институт неорганической химии им. А.В. Николаева СО РАН, Новосибирск, Россия  
E-mail: pervukh@niic.nsc.ru

Статья поступила  
27.04.2023

С доработки  
11.05.2023

Принята к публикации  
11.05.2023

Кристаллографический анализ структур соединений  $\text{Na}_2\text{FePO}_4\text{F}$  (I),  $\text{NaFePO}_4$  (II) и  $\text{LiVOPO}_4$  (III) обнаружил вакантные каналы в «сотовых» конструкциях их катионных каркасов. В этих структурах основой стабильности служит последовательность вложенных друг в друга (по принципу матрешки) псевдогексагональных конфигураций, связанных псевдосимметрией. Упорядочение позиций катионов создает их конфигурацию, приближающуюся к высокосимметричным подрешеткам, которые по геометрии близки к кубическим гранецентрированной ( $F_{\text{h.c}}$ ) и объемно-центрированной ( $I_{\text{h.c}}$ ). При этом в эквивалентных позициях оказываются разные атомы и вакансии.

DOI: 10.26902/JSC\_id113238  
EDN: OVQMXQ

**Ключевые слова:** кристаллографический анализ, псевдосимметрия, сотовые катионные каркасы, скелетные подрешетки.

### ВВЕДЕНИЕ

В последней четверти XX в. опубликована серия работ по геометрической интерпретации как простых, так и довольно сложных атомных структур: большие успехи в этой области достигнуты международным коллективом, трактующим кристаллические структуры как сочетания плоских атомных сеток разных конфигураций [1–10]. Параллельно Пирсон [11] рассмотрел кристаллические структуры в форме наложений плоских атомных сеток. Этой же проблеме посвящены работы П.И. Крипьякевича [12], Н.Л. Смирновой [13] и других отечественных ученых [14–16], послужившие развитию так называемой концепции решеточной химии.

Представление структур в виде комбинаций строительных блоков, а именно конечных, одномерных или двумерных фрагментов, уложенных по некоторому закону с достаточно эффективным использованием пространства (модулярный анализ), разработано Э. Маковицким с коллегами. В частности, большой интерес представляли структуры природных сложных сульфидов так называемого таблетчатого типа, когда уровень симметрии понижается до одного семейства зеркальных (или псевдозеркальных), плоскостей симметрии, служащих идеальным инструментом упорядочения атомов по одному из трех пространственных направлений [17–24].

В основе этих представлений – химический состав и ближайшее окружение в большинстве случаев максимум до второй-третьей сферы. Даже в структурах из двумерных блоков-слоев толщина их такого же порядка. Проблемы, связанные с упаковкой фрагментов структуры в пре-

Из воспоминаний С.В.: «Своим высшим личным достижением, к которому я, будучи физиком по образованию, шёл через теоретические проблемы и методические задачи расшифровки структур, считаю оригинальную трактовку кристаллического состояния. Виновником дальнего порядка оказываются гармонические упругие колебания, возникающие в теряющем энергию жидком веществе.

...Спонтанно возникающие системы взаимосвязанных плоских волн создают в пространстве упорядоченные подрешётки атомов – **предвестников кристалла, котором уже все эти подрешётки сводятся к общей для всех трансляционной решетке.** Процесс может и не идти до конца, и тогда имеем разным образом «модулированные» объекты.

...За 15 лет работы со структурами разных классов получена масса материала, подтверждающего и развивающего эти представления.

...Остаётся непонятной до конца фундаментальная роль симметрии, уменьшающей, как и упорядочение, число степеней свободы индивидуальных объектов и тем самым также понижающей энергию кристаллизующейся системы. Есть чем заняться будущим поколениям».

# На заседаниях Ученого совета и Диссовета ИНХ



# Лыжник - легенда



# «Абориген» базы ИНХ



Станислав Васильевич Борисов (07.07.1930—18.02.2023)  
русский кристаллограф и кристаллохимик,  
лауреат премии им. Е.С. Фёдорова.



# БЛАГОДАРНОСТЬ

Дирекции ИНХ СО РАН

Совету научной молодежи

Оргкомитету Конференции

Всем присутствующим