

## Лев Самойлович Палатник. В моей памяти.

В.Кошкин

О Льве Самойловиче Палатнике как о создателе одной из крупнейших в мире школы физики тонких пленок напишут лучше меня те его ученики и сотрудники, которые работали под его руководством именно в этом, конечно, главном направлении деятельности профессора Л.С.Палатника. Я напишу о, вероятно, менее известном направлении работ Л.С., о работах, в которых я участвовал в течение семи лет, с 1960 по 1966 год.

У каждого – несколько Учителей в жизни. У меня тоже. Лев Самойлович был первым по-настоящему крупным ученым, с которым мне довелось не просто общаться, но и работать. Его влияние на мои научные интересы сохранилось надолго. Он умел давать толчок интеллектуальной работе и никогда не мешал мелочной опекой, но наоборот, поддерживал и помогал выходить из затруднений, когда таковые возникали.

Я запомнил на всю жизнь первый визит к Л.С. вместе с Ю.Ф.Комником и А.И.Ландау, в самом начале моей научной жизни, вскоре после того, как Л.С. организовал в НИОХИМе группу по синтезу и исследованию многокомпонентных полупроводников. (Я попал в НИОХИМ благодаря светлomu человеку профессору Федору Кондратьевичу Михайлову, директору этого института. Приняв меня на работу сначала в аналитическую лабораторию, Ф.К.Михайлов через два месяца перевел меня в группу Л.С.Палатника, которая тогда организовывалась. Я описал возникновение группы Л.С.Палатника в НИОХИМ еще раньше, в неких биографических публикациях). В тот памятный для меня день мы провели в домашнем кабинете Л.С. часа три. Это был монолог Л.С.. Вдохновенный монолог. И все это время играла музыка. Л.С. был не просто любителем музыки, Л.С. работал с музыкой. Именно – с музыкой, а не – под музыку. Многие часы, которые я позднее провел с ним в обсуждениях научных задач, часто сопровождались тихой симфонической музыкой. Музыка (скорее пасторальная, Моцарт, например) способствовала творческому полету Л.С. «Творческий полет» – насколько банален этот словесный стереотип! Но Л.С., когда его посещало вдохновение, действительно – летал. В тот день Л.С. формулировал проблемы для нашей будущей работы. Главное направление – искать многокомпонентные полупроводники. В начале шестидесятых годов далеко не все физики поддерживали такие поиски, полагая, что хватит и того, чтоб хотя бы разобраться с германием и кремнием. Лаборатории профессора Н.А.Горюновой в ЛФТИ и профессора В.П.Жузе в Ленинградском Институте полупроводников, лаборатории Велькера в Германии и Гудмена в США отважно занимались такими исследованиями, вопреки нападкам научных «пуристов». Л.С. не знал тогда ни об этих работах, ни о критике. Но его независимый прогноз развития материаловедения полупроводников оказался правильным: сейчас двух- и трехкомпонентные полупроводники стали основой электроники в разных применениях. Общая задача, которую ставил перед нами Л.С. – искать материалы

со свойствами, хотя бы общие черты которых можно было бы предвидеть заранее. Лично для меня эта постановка задачи оказалась важной, и следуя ей, я постарался расширить круг своих знаний, получив – в дополнение к неким знаниям из физики – еще и понимание задач квантовой химии. Вместе с Л.С., Ю.Ф.Комником и Л.П.Гальчинецким мы предложили уточненную систему кристаллохимических радиусов в ионно-ковалентных кристаллах и оригинальную модель искажений решетки трехкомпонентных полупроводников при упорядочении [1-4]. Интерес к физической природе химической связи и поиски влияния особенностей структуры кристаллов на их физические свойства остался навсегда. Я обязан этим Л.С.

Под водительством прекрасного человека и прекрасного физика Юрия Федоровича Комника (он уже раньше защитил кандидатскую диссертацию у Л.С., а впоследствии вместе с Л.С. стал лауреатом Государственной премии УССР за книгу «Физика тонких пленок») мы со всем энтузиазмом молодости взялись за эти задачи. Кроме Ю.Ф.Комника в нашу группу входили Л.В.Атрощенко, Е.К.Белова, Л.П.Гальчинецкий, Е.И.Рогачева и автор этих строк. Л.С. предлагал в качестве метода поиска новых трехкомпонентных полупроводников метод Векшинского, вакуумное напыление пленок из трех независимых источников.

Посоветовавшись с Юрой Комником, мы решили начать все-таки с синтеза массивных образцов. Для выбора перспективных систем. Так и сделали. И остановились на этом способе поиска, поскольку придумали некий принцип поиска многокомпонентных полупроводников. Мы синтезировали несколько десятков вполне доброкачественных трехкомпонентных полупроводников, будучи уверенными, что все они – новые. Но при ближайшем рассмотрении выяснилось, что большая часть из них уже была синтезирована и исследована группами Хана, Горюновой, Жузе, Гудмена. В «сухом остатке» мы получили только одно (новое) семейство тройных полупроводников. Публикация о полупроводниках типа  $Cu_2GeSe_3$  в ДАН СССР в 1961 году [5] была одновременной с работой профессора Нины Александровны Горюновой из Ленинградского Физтеха.

Исследование многокомпонентных полупроводников Л.С. инициировал по двум причинам. Одна из них – расширение «номенклатуры» материалов с предсказуемыми свойствами. Другая его идея состояла в следующем. Л.С. полагал, что многокомпонентные полупроводники должны быть менее чувствительны к содержанию инородных примесей, чем германий и кремний. Логика этого предположения состояла в следующем. Если структурными компонентами полупроводникового соединения станут элементы, принадлежащие к четырем – пяти разным столбцам Периодической системы, то инородные примеси окажутся изовалентными одному из компонентов и, замещая соответствующий компонент в решетке, не будут столь сильно влиять на электронные параметры, как гетеровалентные примеси. Сейчас эти соображения могут показаться наивными. Есть замечательные современные работы профессора В.И.Фистуля (Москва) и его школы, работы В.Д.Рыжикова, Л.П.Гальчинецкого, Н.Г.Старжинского (Харьков) именно о тонкостях влияния изовалентных замещений на физические параметры двухкомпонентных полупроводников. Но нужно и здесь отдать должное интуиции Л.С. – он предвидел особую физику изовалентных примесей. В 1960 году, когда едва ли не основной частью затрат в

производстве полупроводниковых материалов была именно глубокая очистка от примесей, идея разрешения проблемы «с помощью» многокомпонентности была и актуальной и смелой.

Мы продолжали заниматься многокомпонентными полупроводниками и стали исследовать твердые растворы с их участием.

В процессе этих исследований мы наткнулись на весьма неожиданное явление. Моя дипломница Светлана Баранова, которая определяла температурные зависимости проводимости новых составов, стала приносить мне подозрительно одинаковые результаты: всегда одна и та же энергия активации, хотя гигиена наших тогдашних синтезов была далеко не прецизионной. Так быть не могло! И я засел за измерения сам. Невероятно, но все было именно так. Хотя так быть не могло! Не буду живописать подробно опыты и умозаключения, которые мы делали, но через пару месяцев мы уже считали, что действительно обнаружили полупроводники, которые не чувствительны к примесям – именно то, что поставил нам Лев Самойлович в качестве главной задачи. Выяснилось, однако, что за два-три года до нас подобное явление наблюдал профессор Владимир Пантелеймонович Жузе с сотрудниками в Ленинградском Институте полупроводников (позднее его лаборатория действовала в ЛФТИ). Механизм явления в этой работе не обсуждался. Механизм этого странного явления не имел и ничего общего с предположением о возможном подавлении влияния примесей за счет «многокомпонентности», поскольку наблюдался в двухкомпонентных полупроводниках, а подавлялась электрическая активность примесей из всех групп Периодической системы элементов. Почти сразу же мы придумали разумную (как потом оказалось, правильную) модель явления. Главное, как мы поняли, определяется тем, что в отличие от других полупроводников, в исследованных нами присутствовал необычный структурный компонент – стехиометрические вакансии, которые не являются дефектами решетки, а определяются исключительно валентными соотношениями между элементами в соответствующих соединениях. Характерные примеры таких соединений  $\text{In}_2\text{Te}_3$ ,  $\text{Ga}_2\text{Te}_3$ . Есть целый класс трехкомпонентных соединений с таким же структурным компонентом – стехиометрическими вакансиями. Мы предположили, что атомы примесей в таких структурах локализуются в стехиометрических вакансиях в неионизированном, атомарном состоянии, не вступая в химическую связь с атомами основной решетки [6-9].

Позднее, когда группа из НИОХИМ перешла Институт монокристаллов, мы с Л.В.Атросенко и Е.Е.Овечкиной изучили участки диаграмм состояния вблизи соединений  $\text{In}_2\text{Te}_3$  - Me и  $\text{Ga}_2\text{Te}_3$  - Me в полутора десятках систем (Me – Cu, Bi, Zn, Cd, Mg, Sb, Sn, Fe) и исследовали отклонения от стехиометрии в этих соединениях. Мы показали, что растворимость примесей в кристаллах со стехиометрическими вакансиями определяется исключительно атомными радиусами примесей и сверхстехиометрических элементов. Корреляция растворимости с ковалентными и с ионными размерами отсутствует. При этом, независимо от концентрации и химических особенностей примесей электрические параметры легированных полупроводников остаются неизменными, не отличаются от собственных свойств чистого материала. Вот какое неожиданное

воплощение нашла воистину смелая идея Л.С. о том, что влияние примесей можно «победить». Мы с Ю.А.Фрейманом построили термодинамическую модель растворения примесей по такому механизму, которая, как оказалось, описывает экспериментальные данные даже без «подгоночных» параметров. Еще позднее мы с Е.Е.Овечкиной и В.П.Романовым провели серию экспериментов по исследованию химического сдвига в гамма-резонансных спектрах олова и железа в полупроводниках со стехиометрическими вакансиями. Этот прямой метод определения подтвердил, что примеси в таких кристаллах действительно находятся в атомарном состоянии. Обзор всей этой проблемы есть в монографии [10]. «Свойство химической инертности примесей металлов в полупроводниках со стехиометрическими вакансиями» – название Открытия №245 по Государственному Реестру СССР [11]. Его авторы: Л.В.Атрощенко, В.П.Жузе, В.М.Кошкин, Е.Е.Овечкина, Л.С.Палатник, В.П.Романов, В.М.Сергеева и А.И.Шелых. Представление наших работ к признанию в качестве Открытия было сделано году в 1978, уже из Института монокристаллов, через десять лет после счастливой научной юности в НИОХИМ, которая для меня были окрашена общением с выдающимся ученым Львом Самойловичем Палатником.

Не следует придавать некий величественный смысл слову "открытие" в этом контексте. Бывают открытия в собственном, именно величественном смысле, открытия, которые влияют на судьбы науки – как открытие деления ядер, двойной спирали ДНК или инвариантности скорости света... Масштаб нашего открытия не такого ранга. Признание такого рода свидетельствует только о том, что подобные явления до тех пор не были обнаружены. Но конечно, было приятно, тем более, что мы знали характерные цифры: в среднем получала статус Открытия одна работа из тысячи с лишним представляемых. Это значительно более жесткий, но и значительно более объективный отбор, чем отбор работ, представляемых, например, на государственную премию. Он тем хорош, что претенденты не вступают в конкурентную борьбу друг с другом. Сначала несколько полностью анонимных рецензий (не менее трех-четырех) научных центров, причем рецензии становятся известными авторам, только если их работа была признана Открытием. Если этот этап преодолен, соответствующее Отделение Академии Наук СССР (в нашем случае – Отделение физики и астрономии) назначает специального рецензента–академика, который дает свой отзыв. (Авторы на заседании Отделения не присутствуют). Предложение академика-рецензента "голосует" собрание Отделения, и если решение благоприятно, его еще должен утвердить Президиум Академии Наук СССР. Самый последний этап – утверждение на заседании Коллегии Госкомитета по делам изобретений и открытий. Авторы делают доклад – минут десять. Потом выступал эксперт Госкомитета со своей рецензией и предложениями по уточнению формулировки открытия. Кстати, именно по предложению эксперта на том заседании в названии открытия появилось слово «примеси металлов». Мы согласились. Пожалуй, это более точное определение. Длинная процедура, несколько лет, но обеспечивающая объективность – без сомнений. Поэтому-то и приятно получить такое признание. А после того, как Диплом об Открытии получен, авторы могут ознакомиться со всеми официальными отзывами научных

центров. Мы, конечно, воспользовались этой возможностью! Насколько я знаю, сейчас в Украине отсутствует отбор результатов, которые могли бы быть номинированы в качестве открытий. По-моему, это одна из многочисленных ошибок (далеко не самая главная, конечно) в «научной» политике государства. Ведь именно признание такого рода – это «гамбургский счет», а не конъюнктурный.

Наше официальное научное взаимодействие с Л.С. закончилось в 1966 году, после того, как группа в НИОХИМ перестала существовать. Но мы продолжали общаться вплоть до последних лет Льва Самойловича.

Вот еще одно воспоминание – из шестидесятых годов. А.А.Галкин организует в Донецке Физико-технический институт под эгидой Академии наук УССР. Он предлагает Л.С. создать и возглавить отделение института из трех или четырех лабораторий. Л.С. в свою очередь предложил нескольким своим ученикам предложить программы работ и возглавить соответствующие подразделения. Я был горд тем, что Л.С. сделал такое предложение и мне. Конечно, я написал соответствующий проект. Л.С. в конце концов отказался от перспективы переезда в Донецк. Я знаю, что названия лабораторий и программы их работ много лет сохранялись в структуре ДонФТИ... Я и сейчас не уверен, что Л.С. поступил правильно, отказавшись от должности заместителя директора ДонФТИ... Ведь масштаб личности Л.С. и масштаб проблем, которые он видел, конечно, превосходил его статус заведующего кафедрой. Мне и сейчас кажется, что научный масштаб профессора Палатника мог бы дать значительно большие результаты, если бы он решился – тогда.

Впрочем, судьба – это то, что состоялось. Научная судьба Л.С. – счастливая. Он осуществил много своих идей. И был признан при жизни. Он не забыт и сейчас. Он – в памяти не только его учеников. Его имя живет в памяти науки.

## Литература

1. Палатник Л.С., Кошкин В.М., Гальчинецкий Л.П. О механизме упорядочения в трехкомпонентных полупроводниковых соединениях, ФТТ, 1962, т.4, №9, с.2365-2371.
2. Палатник Л.С., Кошкин В.М., Комник Ю.Ф. Об изоэлектронных рядах полупроводниковых соединений, Кристаллография, 1962, т.7, №1, с.124-125.
3. Палатник Л.С., Комник Ю.Ф., Кошкин В.М. Кристаллохимия соединений с тетраэдрической координацией атомов, Кристаллография, 1962, т.7, №4, с.563-567.
4. Палатник Л.С., Кошкин В.М. Вплив упорядкування на фізичні властивості багатоконпонентних напівпровідників, ДАН УРСР, 1965, №6, с.731-734.
5. Палатник Л.С., Комник Ю.Ф., Кошкин В.М., Белова Е.К. Об одной группе тройных полупроводниковых соединений, ДАН СССР, 1961, т.137, №1, с.68-71.
6. Палатник Л.С., Комник Ю.Ф., Кошкин В.М., Манюкова Л.Г. Дослідження електричних властивостей сплавів у системі  $\text{CuInSe}_2 - \text{In}_2\text{Se}_3$ , УФЖ, 1964, т.9, №9, с.962-972

7. Атрощенко Л.В., Гальчинецкий Л.П., Кошкин В.М., Палатник Л.С. Отклонение от стехиометрии и растворение примесей в полупроводниковых соединениях типа  $B_2^{III}C_3^{VI}$ , Изв. АН СССР, сер.10 «Неорг. мат.», 1965, т.1, №12, с.2140-2150.
8. Палатник Л.С., Атрощенко Л.В., Гальчинецкий Л.П., Кошкин В.М. Об эффекте отклонения от стехиометрии в полупроводнике  $Ip_2Te_3$ , ДАН СССР, 1965, т. 165, №4, с.809-812.
- 9 Палатник Л.С., Кошкин В.М., Белова Е.К., Рогачева Е.И. 0 полупроводниковых фазах переменного состава, Гл.8 в монографии «Соединения переменного состава», Л.:Химия, 1969, с.412-455.
10. Koshkin V., Dmitriev Yu. Chemistry and Physics of Compounds with Loose Crystal Structure, Harwood academic publishers, Switzerland, ser. «Chemistry Reviews», 1994, v.2, part.2, 138 p.
11. Атрощенко Л.В., Жузе В.П., Кошкин В.М., Овечкина Е.Е., Палатник Л.С., Романов В.П., Сергеева В.М., Шелых А.И. Свойство химической инертности примесей металлов в полупроводниках со стехиометрическими вакансиями, № 245, Бюлл. изобр.и откр СССР, 1981, №41.