



СЕРГЕЙ ТИХОНОВИЧ  
КОНОБЕЕВСКИЙ



УСПЕХИ ФИЗИЧЕСКИХ НАУКPERSONALIA**СЕРГЕЙ ТИХОНОВИЧ КОНОБЕЕВСКИЙ****(к семидесятилетию со дня рождения)**

27 апреля 1960 г. исполнилось 70 лет со дня рождения одного из выдающихся советских физиков-рентгенографов члена-корреспондента Академии наук СССР Сергея Тихоновича Конобеевского.

Жизнь С. Т. Конобеевского—это яркий творческий путь советского ученого сделавшего крупный вклад в металлофизику и способствовавшего ее развитию. Замечательно, что вступление молодого ученого в науку, окончившего в 1913 г. естественное отделение физико-математического факультета Московского университета по специальности физиология животных, совпало с эпохой бурного развития и широкого применения нового физического метода исследования атомной структуры вещества. Как известно, в 1912 г. Лауэ в Германии открыл дифракцию рентгеновских лучей в кристаллах. В 1913 г. Брэгг в Англии и профессор Московского университета Ю. В. Вульф в России предложили изящную интерпретацию трехмерной дифракции как селективного отражения на плоскостях пространственной решетки. Существенным этапом в практическом применении рентгенографии явилось получение первых рентгенограмм поликристаллических и аморфных веществ Дебаем и Шерером в 1916 г. На рентгенограммах металлов, снятых в технологически важном состоянии в виде проволок и вальцованных пластинок, вскоре был обнаружен новый дифракционный эффект, заключавшийся в распаде дебаевских колец на ряд симметрично расположенных максимумов. Расшифровка этих рентгенограмм, особенно для вальцованных металлов, представляла значительные трудности.

Заслуга и приоритет расшифровки рентгенограмм вальцованных металлов, что было отмечено мировой научной печатью, принадлежала двум советским ученым—профессору Н. Е. Успенскому и молодому, неизвестному в то время в физическом мире, С. Т. Конобеевскому. Выполнение этой выдающейся работы в разгар гражданской войны и разрухи оказалось возможным благодаря большому вниманию и помощи, которое уделяло развитию науки Советское правительство уже с первых шагов своей деятельности. В 1920 г. на заседании Физического общества им. П. И. Лебедева Н. Е. Успенский и С. Т. Конобеевский сделали доклад, в котором они показали, что особенности интерференционной картины вальцованных металлов объясняются упорядоченным расположением микрокристаллитов. Математическая теория явления, основанная на расчете картины отраженных лучей от вращающегося зеркала, позволила количественно определить направления кристаллографических осей текстуры. Эта теория была разработана С. Т. Конобеевским. Таким образом, уже в этой первой рентгенографической работе Сергея Тихоновича проявились особенности его научного творчества—не ограничиваться качественной трактовкой наблюдаемых явлений, а давать им по возможности полную математическую обработку. В последующие годы С. Т. Конобеевский в течение ряда лет возглавлял крупную рентгеновскую лабораторию в Государственном экспериментальном электротехническом институте, продолжая исследования структуры пластически деформированных металлов. Большой интерес представляла имевшаяся в лаборатории установка для визуального наблюдения на флуоресцирующем экране лауэвской картины дифракции от монокристалла, позволявшая проследить кинематику движения дифракционных пятен в зависимости от углов поворота и наклона кристалла.

В 1928 г. советское правительство направило в научные командировки за границу ряд ученых, в числе которых был и С. Т. Конобеевский, который в течение полугода работал в Штутгарте в Рентгеновском институте проф. Рихарда Глокера. Во время этой командировки Сергей Тихонович в новой для себя области провел интересное исследование структуры аморфной разности углеродистого минерала—шунгита, в котором им было обнаружено существование двойных групп атомов железа.

В 1930 г. С. Т. Конобеевский был приглашен руководителем рентеновской лаборатории вновь организованного Государственного центрального института цветных металлов. Среди работ, выполненных под его руководством, можно отметить исследования структуры пластически деформированных монокристаллов (с И. И. Мирер), работу по восходящей диффузии (с Я. П. Селиским), работу по установлению истинных границ растворимости в сплавах (с В. П. Тарасовой) и по механизму фазовых превращений в сплавах (с М. И. Захаровой).

Согласно распространенным представлениям при отжиге сплава должен проходить процесс диффузии, приводящий к выравниванию концентраций. Однако при отжиге деформированных сплавов вследствие наличия внутренних напряжений, направление диффузионных процессов существенно изменяется. На рентгенограммах магниевого сплава — электрона после отжига было обнаружено появление «триплета» вместо хорошо известного рентгенологам дублета. Как оказалось, триплет в действительности представляет собой два наложенных дублета, что объясняется образованием в сплаве, вследствие диффузионного перераспределения атомов компонент, областей твердого раствора, соответственно с повышенной и пониженной концентрацией второго компонента. Возрастание градиента концентрации при отжиге электрона оказывается возможным вследствие того, что в этом сплаве температура снятия внутренних напряжений лежит выше температуры, при которой скорость диффузии уже становится большой. При этих условиях уменьшение энергии внутренних напряжений, а следовательно, и внутренней энергии сплава происходит при миграции атомов меньшего объема в сжатые области твердого раствора и, наоборот, миграция атомов большего объема в растянутые области. Теория восходящей диффузии была разработана С. Т. Конобеевским на основе обобщенного уравнения Фика с добавлением члена, учитывающего наличие в сплаве неоднородного поля внутренних напряжений.

Хорошо известно теоретическое и практическое значение диаграмм состояний. Зависимость «состав—свойство» была широко использована в работах по физико-химическому анализу Н. С. Курнакова и его школы. При рассмотрении диаграмм состояний конкретных сплавов в ряде случаев бросалась в глаза одна особенность, заключавшаяся в приближении фазовых границ к вертикалям по мере перехода в области все более низких температур. Такое положение фазовых границ указывало бы на независимость растворимости от температуры, тогда как из термодинамики и статистики следует, что, как правило, растворимость должна возрастать с повышением температуры. Причина этого несоответствия объясняется тем, что при понижении температуры скорость диффузии падает и, следовательно, увеличивается время приближения сплава к равновесию. Поэтому при низких температурах практически достижимые времена отжига оказываются недостаточными для приведения сплавов в равновесие, и фазовые границы, устанавливаемые обычными методами, отвечают неравновесным сплавам. Значительного ускорения процессов диффузии при низкотемпературном отжиге можно достигнуть при работе с холоднодеформированными сплавами, например в виде опилок. В работе Конобеевского и Тарасовой рентгенографически было показано, что при этих условиях положение фазовых границ существенно отклоняется от вертикали. Так, в случае бронзы было показано, что при 300° С истинная растворимость олова в меди не превышает 2% вместо 10%, как указывалось ранее на диаграммах состояния. Такая сильная температурная зависимость растворимости указывает на принципиальную возможность старения соответствующих сплавов.

Большое внимание многих исследователей привлекал вопрос старения или облагораживания сплавов, имеющий большое практическое значение. Термообработка таких сплавов, типичным примером которых является дюралюминий, приводит к значительному повышению их механических свойств. Процесс старения после закалки может продолжаться в течение длительного времени и не сопровождается сколько-нибудь значительными структурными изменениями. При отклонении от оптимального режима прочность сплава может достигнуть максимума, а затем начнет падать. Рентгенографические исследования, проведенные в Цинццветмете, раскрыли изменения, происходящие при распаде пересыщенных твердых растворов. Анализ экспериментальных данных позволил С. Т. Конобеевскому разработать термодинамическую теорию старения, в основе которой лежали представления о коллоидном равновесии субмикроскопических выделений новой фазы с маточным твердым раствором. Это равновесие оказывалось возможным только в определенной области размеров частиц новой фазы. При переходе за эти размеры равновесие нарушалось и происходила коагуляция выделений, что приводило к снижению механического упрочнения.

Незадолго перед второй мировой войной С. А. Векшинским была предложена интересная идея приготовления сплавов с непрерывно меняющейся концентрацией и разработана методика приготовления таких сплавов и исследования их свойств. Метод приготовления сплавов переменной концентрации основывался на конденсации двух атомных пучков разных металлов на холодную подложку. Как оказалось, тонкий конденсированный слой сплава обладал резко выраженной текстурой. Рентгенографическое исследование этой текстуры, проведенное М. М. Уманским под руководством С. Т. Конобеевского, показало сложный характер текстуры. Плоскость ориен-

тации кристаллитов определялась как положением плоскости подложки, так и направлением атомного пучка. Конобеевским была предложена математическая теория, основанная на образовании центров конденсации еще в атомном пучке, ориентированное осаждение которых позволяло объяснить наблюдавшуюся текстуру.

Среди теоретических работ С. Т. Конобеевского следует указать еще на работу в области зонной теории сплавов. С помощью этой теории Джонс ранее удалось объяснить закономерности, наблюдаемые в группе электронных соединений, установленные эмпирически Юм-Розери. Используя квантовомеханическую теорию Джонса, С. Т. Конобеевский дал истолкование интересному факту, а именно образованию твердых растворов вычитания при некоторых концентрациях в сплавах никеля с алюминием.

О широте и разносторонности научных интересов С. Т. Конобеевского свидетельствует, в частности, исследование симметрии и формы атомов в кристаллах, выполненное по рентгенографическим данным для алмаза, полученным Мамедовым.

Последний период научной деятельности С. Т. Конобеевского посвящен исследованию в совершенно новой области физики твердого тела, а именно действию излучения на структуру и свойства твердых тел, а также изучению диаграмм состояния сплавов тяжелых металлов (уран, плутоний). В этих исследованиях были открыты новые и интересные факты: радиационный наклеп, рост урана, фазовые превращения при температурах значительно ниже точки превращения. Радиационным наклепом было названо увеличение размеров кристаллических зерен металла (рекристаллизация) при нейтронном облучении, сопровождающееся увеличением а не падением твердости металла, как это имеет место при обычной рекристаллизации. При облучении прокатанных, текстурированных образцов урана, так же как и его монокристаллов, обладающих сильной анизотропией, было обнаружено большое увеличение линейных размеров и объема (рост урана)—явление, имеющее существенное практическое значение. Методы исследования структуры и свойств облученных материалов, а также ряд полученных результатов были сообщены в докладах, представленных Конобеевским, Правдюком и Кутайцевым на первой Женевской конференции по мирному использованию атомной энергии и вызвали всеобщий интерес.

Большой период жизни и деятельности С. Т. Конобеевского был связан с Московским государственным университетом, где проявился его талант, как педагога. Работа Конобеевского в МГУ имела большое значение в воспитании советских физиков-рентгенологов, в подготовке кадров специалистов по физике металлов. С. Т. Конобеевский сумел привлечь и воспитать значительную группу молодых сотрудников, многие из которых впоследствии стали профессорами и видными учеными в области рентгеноанализа и физики металлов. Проф. Ю. В. Вульф в 1926 г. предложил создать в МГУ специальную кафедру рентгеноструктурного анализа, значение которого в исследовании атомного строения вещества все более возрастало. Возрастали также потребности в кадрах специалистов рентгенологов, особенно выявившиеся в период осуществления грандиозной программы по индустриализации советского государства.

После смерти Ю. В. Вульфа для организации и руководства новой специальностью в 1927 г. на существовавшую в то время должность приват-доцента был приглашен С. Т. Конобеевский. В течение нескольких лет на этой кафедре был создан специальный рентгеновский практикум, в котором были представлены все современные методы структурного анализа, начата работа по конструированию новых типов рентгеновской аппаратуры, получившая впоследствии большое развитие, и развернута научно-исследовательская работа, концентрировавшаяся вокруг актуальных вопросов металлофизики. Возглавляемая С. Т. Конобеевским кафедра рентгеноструктурного анализа, переименованная впоследствии в кафедру металлофизики, успешно осуществляла подготовку квалифицированных специалистов в области рентгеноструктурного анализа. Вскоре физический факультет МГУ стал одним из основных центров подготовки советских специалистов по рентгенографии. За время своего существования кафедра выпустила свыше 200 квалифицированных физиков. Выпускники кафедры возглавляют крупные рентгеновские лаборатории в научно-исследовательских институтах, кафедры по специальности в вузах, а также работают в многочисленных заводских лабораториях ведущих отраслей промышленности в различных районах нашей необъятной родины.

Академия наук СССР в 1946 г. избрала С. Т. Конобеевского своим членом-корреспондентом. Советское правительство наградило его двумя орденами Ленина, орденом Трудового Красного Знамени и медалями.

*Г. С. Жданов*

## СПИСОК ОСНОВНЫХ РАБОТ С. Т. КОНОБЕЕВСКОГО

## I. Оригинальные работы

1. Исследование микрокристаллических структур с помощью лучей Рентгена (совместно с Н. Е. Успенским), Научные известия МГУ, Сборник 3, стр. 343, 1922.
2. О кристаллической структуре вальцованных пластинок железа и никеля, Журн. прикл. физики, т. II, № 1—2, стр. 107, 1925.
3. К вопросу о скольжении в кристаллитах при вальцовке, Журн. прикл. физики, т. IV, № 3, стр. 3, 1927.
4. Определение упругих напряжений в изогнутых кристаллах по рентгенограмме (совместно с И. И. Мирер), Сб. работ рентген. лаб. Гинцветмет, стр. 17, 1932.
5. О расширении Д. Ш. линий на рентгенограммах металлов при холодной обработке и отжиге (совместно с Я. П. Селиским), ГНТИ Цветметиздат, стр. 1, 1933.
6. О границе растворимости  $\alpha$ -фазы в сплаве Cu—Sn (совместно с В. П. Тарасовой), ЖЭТФ, т. IV, № 3, стр. 272, 1934.
7. К теории распада переохлажденных твердых растворов и явлений старения, ЖЭТФ, т. IV, № 10, стр. 1063, 1934.
8. Распад твердого раствора меди и алюминия, как следствие пластической деформации и последующего отжига (совместно с М. И. Захаровой) ЖЭТФ, № 7, стр. 1134, 1935.
9. К вопросу о теоретическом построении диаграмм состояния металлических сплавов, Известия АН СССР, серия хим., № 2, стр. 255, 1936.
10. Диаграмма состояния и превращения при распаде  $\alpha$ -твердого раствора в сплаве Cu—Sn (совместно с В. П. Тарасовой), Журн. физ. хим., т. IX, № 5, стр. 681, 1937.
11. Рентгенографическое определение предельной растворимости  $\alpha$ -фазы в тройной системе медь—цинк—олово при низких температурах (совместно с В. П. Тарасовой и А. А. Степановой), Журн. физ. хим., т. IX, № 5, стр. 693, 1937.
12. Кристаллизация в металлах при превращении в твердом состоянии, Известия АН СССР, сер. хим., № 5, стр. 1209, 1937.
13. О природе искажений атомной решетки, возникающих при пластической деформации кристаллов, Известия АН СССР, сер. физ., № 5, стр. 845, 1937.
14. Кристаллизация на деформированных кристаллах каменной соли (совместно с М. П. Шаскольской), ЖЭТФ, № 8, стр. 1368, 1938.
15. Природа твердых растворов и внутренние превращения в них, Труды ВНИТО металлургов, стр. 19, 1940.
16. К теории фазовых превращений, I. Термодинамическая теория явлений возврата при старении, ЖЭТФ, т. XIII, стр. 185, 1943.
17. К теории фазовых превращений, II. Диффузия в твердых растворах при наличии распределенных напряжений, ЖЭТФ, т. XIII, стр. 200, 1943.
18. К теории фазовых превращений, III. Напряжения, возникающие при выделении фазы из твердого раствора, ЖЭТФ, т. XIII, стр. 419, 1943.
19. К теории строения интерметаллических фаз переменного состава, Ученые записки МГУ, т. XIV, стр. 13, 1943.
20. О текстуре конденсированных слоев металлов (совместно с М. М. Уманским), ЖЭТФ, № 5, стр. 408, 1947.
21. Твердые фазы переменного состава и основные закономерности их строения, Известия Сектора физ.-хим. анализа АН СССР, т. XVI, стр. 32, 1948.
22. Метод построения Брегговских проекций с помощью быстросходящихся рядов, ДАН СССР, т. 59, стр. 33, 1948.
23. О возможности экспериментального изучения формы атома в кристаллической решетке, Известия Сектора физ.-хим. анализа АН СССР, т. XIX, стр. 19, 1949.
24. Анизотропия атомного фактора рассеяния рентгеновских лучей в кристаллах алюминия и алмаза (совместно с К. П. Мамедовым), ЖЭТФ, т. XXI, вып. 9, стр. 953, 1951.
25. Исследование структуры атомов в кристаллах методом проб, УФН, т. XIV, вып. 1, стр. 21, 1951.
26. Диаграммы состояния некоторых систем на основе плутония, Сессия АН СССР по мирному использованию атомной энергии 1—5 июля 1955 г., Заседания отделения технических наук, стр. 362, 1955.
27. Влияние облучения на структуру и свойства делящихся материалов (совместно с Н. Ф. Правдюком и В. И. Кутайцевым). Материалы международной конференции по мирному использованию атомной энергии, Женева, 1955 г., т. 7, стр. 526, 1958.
28. Влияние облучения на структуру и свойства конструкционных материалов (совместно с Н. Ф. Правдюком и В. И. Кутайцевым), то же, т. 7, стр. 582, 1958.
29. Новый метод рентгеноструктурного исследования радиоактивных материалов (совместно с Б. М. Левитским и Ю. А. Мартынюком), ЖТФ, т. XXVI, вып. 4, стр. 870, 1956.

30. К вопросу о природе радиационных нарушений в делящихся материалах, Атомная энергия, № 2, стр. 63, 1956.
31. О представлении атомов в кристаллах в виде симметричных фигур, Кристаллография, т. II, вып. 4, стр. 447, 1957.
32. Исследование структурных изменений, происходящих в сплаве урана с молибденом под действием нейтронного облучения (совместно с К. П. Дубровиным, Б. М. Левитским и др.), Атомная энергия, т. IV, вып. 1, стр. 34, 1958.
33. Диффузное рассеяние рентгеновских лучей в облученных кристаллах алмаза, корунда, кремния и германия (совместно, с Ф. П. Бутра), Атомная энергия, т. V, вып. 5, стр. 572, 1958.
34. Некоторые физические свойства урана, плутония и их сплавов (совместно с А. С. Займовским и др.), Труды Второй международной конференции по мирному использованию атомной энергии, Женева, 1958, т. III, 396, 1959.
35. О некоторых физико-химических процессах, протекающих в делящихся материалах под действием облучения (совместно с К. П. Дубровиным, Б. М. Левитским и др.), то же, т. III, стр. 585, 1959.
36. Изменение механических свойств конструкционных металлических материалов под воздействием нейтронного облучения (совместно с Н. Ф. Правдюком, А. Д. Амаевым и Ю. И. Покровским), то же, т. III, стр. 610, 1959.

## II. Статьи общего и обзорного характера

1. Изучение структуры металлов с помощью лучей Рентгена (совместно с Н. Б. Успенским), Сообщ. о научн.-техн. работах Республики, № 1, стр. 7, 1920.
2. Лучи Рентгена и строение сред, имеющих микрокристаллическую структуру (совместно с Н. Е. Успенским), Сообщ. о научн.-техн. работах Республики, № 3, стр. 170, 1921.
3. Кристаллофизика и вопросы металлургии, Успехи физ. наук, т. V, № 6, стр. 433, 1925.
4. Строение металлов и проблема металлического состояния, СОРЕНА, № 2—3, стр. 73, 1931.
5. Основные линии и пути развития рентгеноанализа в технике, Рентгенография в применении к исследованию материалов, ОНТИ, стр. 5, 1936.
6. Рентгенографическое изучение явлений старения (улучшения) в сплавах, то же, стр. 193, 1936.
7. Великий ученый и мыслитель М. В. Ломоносов, Ученые записки МГУ, Юбилейная серия, вып. 52, физика, стр. 7, 1940.
8. Роль русских исследователей в развитии учения о твердом теле (Федоров, Курнаков, Чернов), Ученые записки МГУ. Роль русской науки в развитии мировой науки и культуры, т. I, книга 2, стр. 46, 1946.
9. О некоторых новых вопросах рентгеноструктурного анализа, Известия АН СССР, сер. физ., т. X, № 4, стр. 371, 1946.
10. Рентгеноструктурный анализ и рентгеноспектроскопия за 30 лет, Успехи физ. наук, т. XXXIII, стр. 533, 1947.
11. «Металлофизика», статья для БСЭ.
12. Физические основы прочности материалов, Вестник АН СССР, № 7, стр. 15, 1955.

