

## ДАВИД АЛЬБЕРТОВИЧ ФРАНК-КАМЕНЕЦКИЙ — ОСНОВОПОЛОЖНИК МАКРОКИНЕТИКИ



(1910–1970)

Сегодня бытует досужее мнение, мол, в век всеобщей компьютерной грамотности и небывалого развития вычислительной техники во многом приближенный макрокинетический подход медленно изживает себя. В ответ на это можно привести слова известного французского ученого и философа Пуанкаре: «Лучше иметь прогноз с небольшой неопределенностью, чем вообще не иметь никакого прогноза». Именно макрокинетический метод Франк-Каменецкого, основанный на разумных упрощениях, позволяет понять систему внутренних связей в сложных нелинейных многопараметрических задачах и найти приближенные решения, которые затем можно сколь угодно уточнять, используя новейшие вычислительные технологии.

Давид Альбертович Франк-Каменецкий поступил на работу в Институт химической физики (ИХФ) в 1935 г. по личному приглашению директора института академика Н. Н. Семёнова. В своем капитальном труде «Институт химической физики (очерки истории)» Ф. И. Дубовицкий так описывает начальный период работы Д. А. Франк-Каменецкого:

«Он был включен в состав сотрудников, занимающихся вместе с Я. Б. Зельдовичем азотной проблемой в отделе физико-химических исследований. Ему нелегко было включиться в эксперимент по изучению кинетики и механизма трудной реакции окисления азота в условиях протекания горения

и взрыва. Эксперименты были тяжелые. Но он сравнительно легко преодолевал эти сложности — помогало инженерное, технологическое образование и хорошие знания математики, физики, химической термодинамики. По этой проблеме им был выполнен цикл крупных теоретических и экспериментальных работ по окислению азота в условиях сжигания угля в укрупненных топливных установках, по ламинарному горению угольного канала, по воспламенению угля и высокоскоростной газификации».

Кандидатская диссертация Давида Альбертовича называлась «Образование окислов азота в двигателях внутреннего сгорания» и была успешно защищена в 1938 г. Параллельно с работой над диссертацией Давид Альбертович провел теоретические и экспериментальные исследования роли диффузии и теплоотдачи в протекании химических реакций. Так, совместно с Я. Б. Зельдовичем он выполнил фундаментальную работу по теории распространения ламинарного пламени в газах. Именем Франк-Каменецкого назван критерий подобия в теории горения — параметр Франк-Каменецкого, определяющий отношение скорости разогрева вещества в реакционном сосуде к скорости теплоотдачи.

В 1939 г. Давид Альбертович Франк-Каменецкий разработал нестационарную теорию теплового взрыва, а затем и стационарную теорию с уче-

том пространственного распределения температуры среды в реакционном сосуде. Этими выдающимися работами, а также их обобщениями он навсегда вписал свое имя в летопись науки, получившей лаконичное название «макрокинетика».

Что же такое макрокинетический метод по Франк-Каменецкому? Можно дать следующее определение: «Макрокинетический метод — это приближенный метод анализа нелинейной динамической системы с совокупностью взаимодействующих процессов, протекающих с конечной скоростью, который для количественного описания эволюции системы использует важнейшие признаки этих процессов и различия между их характерными временными, пространственными и другими масштабами». Чтобы овладеть макрокинетическим методом, необходимо в каждом конкретном случае научиться выделять именно те процессы, которые по своим характерным временным, пространственным и другим масштабам вносят существенный вклад в динамику системы, а также научиться представлять влияние этих процессов на динамику системы в простой математической форме.

В 1941 г. Д. А. Франк-Каменецкий с семьей был эвакуирован вместе с Институтом в Казань. Работал там до 1944 г. над проблемой изготовления алмазов из графита. В 1943 г. защитил докторскую диссертацию.

В 1940-х гг. в соавторстве с Я. Б. Зельдовичем и М. А. Ривиным вручную произвел полный термо-

динамический расчет горения пороха в реактивном двигателе ракеты. Сложность расчетов была огромной: при горении пороха образуются продукты, находящиеся между собой в подвижном термодинамическом равновесии с выделением и поглощением тепла в зависимости от температуры в камере. К тому же порох при горении меняет свою геометрию. В результате удалось достичь согласия расчетных и экспериментальных значений механического импульса двигателя. Это было важно, так как импульс определяет основные характеристики ракеты.

В этот период он написал и опубликовал свою всемирно известную фундаментальную монографию «Диффузия и теплопередача в химической кинетике», изданную в 1947 г., которая переиздавалась еще трижды: в 1967, 1987 и 2008 гг.

Удивительно, но с течением времени актуальность этой монографии только возрастает: в физике, химии и биологии появились новые научные направления, в которых существенно прослеживаются макрокинетические закономерности, такие как индукционные и критические явления, автоволновое распространение фронта превращения, многостадийность превращений, множественность стационарных состояний и режимов распространения, неустойчивости и переходные процессы. Макрокинетика как наука позволяет проводить аналогии между, казалось бы, совершенно различными явлениями и использовать один и тот



Я. Б. Зельдович, А. Д. Сахаров и Д. А. Франк-Каменецкий

же математический аппарат для их приближенного описания.

В 1944–1946 гг. Д. А. Франк-Каменецкий заведовал кафедрой технической химии Горьковского государственного университета. В 1947 г. вернулся в Москву и снова стал работать в Институте химической физики. В 1948 г. его привлекают к работам по советскому Атомному проекту, и он переходит на работу в КБ-11 (г. Арзамас-16, Саров). Здесь Д. А. Франк-Каменецкого назначают начальником лаборатории теоретического отдела, и он с сотрудниками под общим руководством Я. Б. Зельдовича занимается разработкой первой атомной бомбы РДС-1. Особое внимание при этом уделялось теории ядерного энерговыделения взрыва с учетом имеющейся вероятности неполного взрыва при случайном преждевременном нейтронном инициировании бомбы. После успешного испытания 29 августа 1949 г. Д. А. Франк-Каменецкий за участие в разработке теории атомной бомбы был удостоен звания лауреата Сталинской премии второй степени и ордена Ленина. Он активно участвовал в создании последующих, более совершенных атомных бомб РДС-2 и РДС-3, успешно испытанных в 1951 г. За это он был удостоен второй Сталинской премии. В 1952 г. его подключают к расчетам первой водородной бомбы РДС-бс, так называемой «слоейке» А. Д. Сахарова. После ее успешного испытания 12 августа 1953 г. Д. А. Франк-Каменецкий удостоился Сталинской премии в третий раз.

Работая по теме защиты Москвы от ядерной атаки вместе с Я. Б. Зельдовичем, Н. А. Дмитриевым и В. Н. Родигиным, предложил использовать высотный ядерный взрыв небольшой мощности как реальный способ защиты от самолета-носителя атомной бомбы (1954 г.). Это послужило толчком к созданию в стране ядерной противовоздушной обороны, а затем и ядерной противоракетной обороны. Для уточнения воздействия нейтронов на носитель бомбы предложил «постановку опытов с облучением макетов изделий при опытных взрывах». Такого рода «облучательные» опыты впоследствии широко применялись.

В 1954 г. И. В. Курчатов привлекает его к исследованию вопроса применения атомной энергии в реактивных двигателях для доставки к цели тяжелых термоядерных зарядов большой мощности. Под Москвой, в Лыткарино, был создан специальный институт для экспериментальных исследований.

В отчете о проделанной работе ученый показал перспективные возможности, которые открывало применение расплавленного лития-7 в качестве теплоносителя и рабочего тела для атомных ракет и для стационарной ядерной энергетики, а также

невозможность создания «взрыволета», разработкой которого занимался А. Д. Сахаров, при современном уровне техники. В том же году Д. А. Франк-Каменецкий вместе с коллегами показал эффект существенного снижения мощности заряда при его облучении интенсивным потоком нейтронов, что ограничивало возможность применения атомных ракет. В дальнейшем физика этого эффекта оказалась важной для обоснования работы инициатора основного узла в бинарном водородном заряде.

В декабре 1954 г. Д. А. Франк-Каменецкий при участии А. Д. Сахарова впервые изложил принципиальную физическую схему водородной бомбы с радиационной имплозией основного термоядерного узла, дал научное и инженерное обоснование ее работоспособности и описал перспективы возможных путей дальнейшего совершенствования. Ситуация заключалась в том, что проект водородной бомбы РДС-бт (труба) оказался несостоятельным в физическом и практическом отношении. Проект РДС-бс (слоейка) оказался ограниченным по мощности. При этом было известно, что в США уже есть водородная бомба значительно большей мощности. Для решения задачи «слоейку» необходимо было обжать атомным взрывом. Уже через полгода им был подготовлен знаменитый расчетно-теоретический отчет: «Опытное устройство для проверки принципа окружения». Испытание водородного заряда РДС-37 триумфально прошло 22 ноября 1955 г. Д. А. Франк-Каменецкий в числе участников разработки был награжден орденом Трудового Красного Знамени.

В 1955 г. Д. А. Франк-Каменецкий подписывает «письмо трехсот», направленное против «лысенковщины» в науке.

В феврале 1956 г. по приглашению И. В. Курчатова он переходит на работу в Институт атомной энергии. Его новой специальностью стала физика плазмы. Здесь ученый впервые четко поставил задачу о нагреве плазмы за счет диссипации энергии волн, возбуждаемых внешним источником колебаний. Он теоретически предсказал важное для проблемы управляемого термоядерного синтеза Д-Т ядер, фундаментальное явление магнитозвукового резонанса, которое затем было экспериментально обнаружено при его непосредственном участии. С помощью этого метода удалось нагреть плотную водородную и гелиевую плазму до высоких температур. Но он до последних дней своей жизни продолжал тесно сотрудничать с Институтом химической физики, его сотрудниками — продолжателями его идей в науке по процессам горения и взрыва.

Астрофизические работы Д. А. Франк-Каменецкого посвящены разработке теории внутреннего строения и эволюции звезд, роли ударных волн



Ю. Б. Харитон, Франк Каменецкий (слева) с сыновьями Максимом и Альбертом и В. Б. Адамский (справа). 1950-е гг.

в космических явлениях. Еще в 1951 г. он рассмотрел вопрос о возникновении колебательной неустойчивости в звездах при определенных процессах тепловыделения, разрабатывал теорию центральных звездных автоколебаний, которые возбуждаются при помощи раскачивающего механизма, связанного с действием ядерных реакций, протекающих в центре звезды. Д. А. Франк-Каменецкий рассчитал последовательность звездных моделей и рассмотрел связь их основных характеристик с химическим составом и видом зависимости энергосвечения, теплоотвода и поглощения от температуры (1955 г.). В 1956 г. решил задачу об усилении ударной волны во внешних слоях взорвавшейся звезды, показал, что при выходе ударной волны на поверхность звезды температура в ее внешних слоях может повышаться настолько, что в них начинают протекать ядерные реакции с образованием тяжелых элементов. Одним из первых он указал на важность для астрофизики и, в частности, космо-



С Ю. Б. Харитоном в домашней обстановке. 1950-е гг.

гии процесса рождения пар частица—античастица в экстремальных условиях.

Д. А. Франк-Каменецкий — автор монографии «Физические процессы внутри звезд» (1959 г.) и ряда научно-популярных книг. Много лет он был заместителем главного редактора журнала «Природа». Большую известность получили его лекции по проблемам естествознания и блестящие выступления по радио и телевидению.

Простое перечисление научных работ Давида Альбертовича не дает полного представления о его авторитете и научном влиянии, которые во многом зависели от его личных качеств и щедрости, с которой он передавал генерируемые им идеи своим ученикам и сотрудникам. Его отличали полное отсутствие ревности или зависти к чужим результатам.

Преподавательская деятельность Д. А. Франк-Каменецкого, начатая им в начале 1930-х гг. в Чите, продолжалась практически непрерывно всю его жизнь. В последние годы он возглавлял организованную им кафедру физики плазмы в Московском физико-техническом институте.

В заключение приведем высказывание Якова Борисовича Зельдовича о Давиде Альбертовиче Франк-Каменецком из его книги «Избранные труды. Частицы, ядра, Вселенная»: «Широта эрудиции, энциклопедичность знаний, незаурядный литературный талант и умение о самом сложном сказать просто и ясно снискали Давиду Альбертовичу славу одного из крупнейших популяризаторов в области естественных наук. Давид Альбертович был одним из наиболее компетентных специалистов по огромному кругу вопросов физики, хи-

мии, астрофизики, биофизики. Искреннее и совершенно бескорыстное желание помочь каждому, кто обращался к нему за советом, колоссальная эрудиция, постоянная готовность с энтузиазмом погрузиться в решение научных проблем, даже лежащих вне круга его сегодняшних интересов, делали Давида Альбертовича незаменимым творческим консультантом. Он олицетворял широту знаний, стремление к синтезу наших знаний. . . Он был человеком исключительно светлого мироощущения, любил природу и искусство. Его работа, его ученики и, наконец, его семья доставляли ему непреходящую радость».

Д. А. Франк-Каменецкий — профессор, доктор физико-математических наук, трижды лауреат Сталинской премии СССР, лауреат премии име-

ни Д. И. Менделеева, награжден орденами Ленина, Трудового Красного Знамени.

## Литература

1. *Франк-Каменецкий Д. А.* Диффузия и теплопередача в химической кинетике. — М.: Изд-во АН СССР, 1947 (1-е изд.); М.: Наука, 1967 (2-е изд.); М.: Наука, 1987 (3-е изд.); М.: Интеллект, 2008 (4-е изд.). 494 с.
2. *Зельдович Я. Б., Ривин М. А., Франк-Каменецкий Д. А.* Импульс реактивной силы пороховых ракет. — М.: Оборонгиз, 1963. 190 с.
3. *Франк-Каменецкий Д. А.* Физические процессы внутри звезд. — М.: Физматгиз, 1959. 543 с.
4. *Франк-Каменецкий Д. А.* Плазма — четвертое состояние вещества. — М.: Атомиздат, 1975. 162 с.

*А. А. Борисов, А. А. Сулимов, С. М. Фролов*