

## ЗНАТЬ И ПОМНИТЬ



**ФИЛИПОВ  
ЛЕВ ПЕТРОВИЧ**  
15.06.1925 – 08.11.1986

**ЛЕВ ПЕТРОВИЧ ФИЛИПОВ**  
15.06.1925 – 08.11.1986

Предлагаемая книга не была закончена автором. Л.П.Филиппов умер за работой над рукописью. Подготовленная часть монографии представляет самостоятельный интерес. В ней содержится четкое изложение подхода автора к свойствам жидких металлов на основе метода термодинамического подобию. Показаны приемы упорядочения и обобщения экспериментального материала в форме простых зависимостей, приведены многочисленные таблицы.

Хотя имеется план неосуществленной части рукописи, было бы безнадежным занятием пытаться составить продолжение книги. Она несет яркий отпечаток личности автора, его многолетнего опыта в решении исследовательских задач. Каждый человек неповторим. Эта неповторимость относится и к его творческой лаборатории...

Л.П.Филиппов родился в г. Бабушкино Московской области. Его отец был преподавателем химии в Станкоинструментальном институте, погиб на фронте в 1941 г. Мать работала учительницей. Закончив в 1942 г. среднюю школу в Москве, Л.Филиппов поступил на физический факультет МГУ, с которым была связана вся его последующая жизнь. В январе 1943 г. Льва Петровича призвали в армию, но вскоре демобилизовали по состоянию здоровья. Порок сердца осложнял его жизнь. Лев Петрович никогда не жаловался на здоровье, даже в

*В этом, 2020-м году, исполнилось бы 95 лет выдающемуся ученому – физики Л.П.Филиппову. Короткой земной жизни ему был отпущен 61 год. Но глядя на пройденный им путь, поражаешься тому, как много успел человек – сотни статей и обзоров, десятки монографий, множество учеников – и преданность делу и идее, у истоков которой он стоял. Подобие свойств веществ, ставшее Синей птицей и нитью Ариадны, на всю его творческую жизнь.*

*Время летит, подгоняемое событиями. Все меньше остается тех, кто работал со Львом Петровичем, общался с ним, тех, кто имел честь считать себя его учениками, тех, кто мог бы сказать о нем немало добрых слов.*

*Цель этих коротких очерков – не просто напомнить о большом ученом. Тот, кто знал Льва Петровича, его не забывает. Эти воспоминания – идущие от сердца слова о подвижнике, жившем среди нас.*

*Соратники*

последние годы, когда болезнь обострилась.

По окончании в 1948 г. с отличием университетского курса Лев Петрович был оставлен в аспирантуре физического факультета на кафедре молекулярной физики. Его учителем был А.С.Предводителев (заведующий кафедрой 1930-1973 гг., декан факультета 1937-1946 гг.). Разносторонний ученый, человек темпераментный и независимый в суждениях, порой вспыльчивый, но справедливый, Александр Саввич умел передать молодежи свою увлеченность наукой. В маленькой узкой комнате, служившей ему кабинетом в старом здании физического факультета на Моховой, Александр Саввич вел семинар для студентов и аспирантов специальности. Молодые люди выступали с сообщениями. Я присутствовал в 1948 г. на докладе Л.П.Филиппова о применении теоремы вириала к выводу уравнения состояния. Особую привлекательность семинарам придавали высказывания и комментарии Александра Саввича. Например, от него мы узнали драматическую историю, связанную с диссертацией Б.Б.Голицына и с дискуссией (1893 г.), в которой участвовали А.Г.Столетов, А.П.Соколов, П.А.Некрасов, Н.Е.Жуковский, а также Гельмгольц, Кельвин, Больцман, ответившие на письма к ним А.Г.Столетова.

Тема кандидатской диссертации Льва Петровича – «Исследование теплопроводности газов и жидкостей в области повышенных температур и давлений» (1951 г.) лежала в русле основной проблематики кафедры молекулярной физики. Она от-

ражала постоянный интерес А.С.Предводителя к природе теплового движения в жидкостях. В те годы на кафедре был получен важный результат о пропорциональности коэффициента теплопроводности  $\lambda$  диэлектрических жидкостей их плотности  $\rho$  в степени  $4/3$ . Эта зависимость подтвердилась в опытах Льва Петровича. Роль плотности (или удельного объема  $v=1/\rho$ ), как определяющей величины, была продемонстрирована на примере вязкости жидкостей еще А.И.Бачинским (1877-1944 гг.). В работах Льва Петровича мы также находим многочисленные свидетельства того, как упрощается описание термостатических и кинетических свойств жидкостей, когда используется переменная  $\rho$  или  $v$  вместо давления  $P$ .

Отметим, что установка, созданная Львом Петровичем в аспирантуре, была достаточно совершенна, но весьма громоздка. В ней использовался относительный метод плоского слоя, который требовал тщательной юстировки стопки дисков, установки охранных колец, дифференциальных термпар. Стопка дисков, составляющая рабочую часть прибора, помещалась в автоклав внушительных размеров. Его корпус стягивался толстыми болтами. Дипломник Г.А.Кокин помогал Льву Петровичу, но и вдвоем было непросто собрать и запустить установку. Путь к совершенству лежит через муки первоначального опыта! Стиль изящного, экономного эксперимента, характерный для Л.П. и его учеников, начал формироваться «в тени» упомянутого «гиганта». Уже в 1953 г. вместе с дипломником Ф.Л.Эльдаровым был создан удивительно простой прибор для измерения теплопроводности жидкостей относительным методом цилиндрического слоя. Вслед за этим появился прибор, позволявший измерять  $\lambda$  малолетучих жидкостей в плоском зазоре 0.2 мм. Для проведения опыта достаточно капли жидкости.

Лев Петрович хорошо чувствовал возможности и особенности методов измерений. Он умел найти в каждом случае наиболее подходящий метод и реализовать его лучшим образом [1,2,7]. Он одним из первых в нашей стране перешел от громоздких и инерционных методов измерения теплофизических свойств веществ (теплопроводности, теплоемкости) к методам периодического нагрева малых образцов с фотоэлектрической регистрацией колебаний температуры, к зондовым методам, когда малоинерционный нагреватель помещается в изучаемую среду и регистрирует ее реакцию на тепловое возмущение. Лев Петрович предъявлял высокие требования к физическим основам используемых методов, к полноте и упрощениям теоретического описания процесса, к обоснованию вводимых поправок. Примером может служить его внимание к определению вклада радиационной составляющей теплопроводности [2-4]. Деятельность Льва Петровича оказала боль-

шое влияние на уровень теплофизических исследований в Советском Союзе. Этому способствовали своевременные публикации обзоров, монографий, выступления Льва Петровича на теплофизических школах, конференциях.

Особое место в научном наследии Льва Петровича занимают его работы, посвященные применению метода термодинамического подобия к описанию свойств веществ, прежде всего жидкостей. Начиная с первой публикации 1956 г. в Вестнике Московского университета, серия физика, №1 и до последних дней жизни Лев Петрович вел интенсивный творческий поиск в этом направлении. Он углублял понимание связи между теплофизическими параметрами и молекулярными характеристиками, перерабатывая огромный фактический материал, упорядочивая его, находя гармонию там, где другие ее не замечали. Постоянной тренировкой он выработал удивительную интуицию в нахождении ключевых зависимостей, которые затем аппроксимировались простыми соотношениями подобия. Суть метода ясно изложена в монографиях [5,6] и в предлагаемой книге.

В естественных науках роль метода подобия раньше других оценили механики. У физиков долгое время этот метод был «на задворках». В связи с уравнением Ван-дер-Ваальса появился закон соответственных состояний, как частный случай подобия. Его обобщением является термодинамическое подобие. Применение термодинамического подобия позволяет свести к минимуму исходную информацию о веществе, необходимую для определения его теплофизических свойств в широкой области параметров состояния. Льву Петровичу удалось довести метод до совершенства, использовать его для подбора веществ с требуемыми свойствами и для прогнозирования свойств по структурной формуле вещества.

Не так давно метод термодинамического подобия вошел в физику через «парадные двери». К этому привело развитие флуктуационной теории критических явлений и фазовых переходов второго рода, осознание их масштабной инвариантности и изоморфизма. Такой ход событий укрепил методологическую позицию тех исследователей, кто отводил методу физического подобия важное место в арсенале средств познания. Лев Петрович был выдающимся представителем этого направления. Он активно пропагандировал метод подобия, демонстрировал его возможности на примере своих работ, интенсивно общался с коллегами.

Особенно следует отметить его внимание к молодым исследователям. Лев Петрович проявлял живой интерес к их работе, помогал советами, наставлял. Кажется удивительным, насколько велик был круг его влияния, как много чужих работ держал в поле зрения. Ему звонили домой и на работу, при-

ходили за советом. Лев Петрович прекрасно помнил своих корреспондентов, а их число постоянно увеличивалось. У него не было торопливости в общении или благодушного соглашательства – разговор велся по существу и с пристрастием.

Студентам кафедры молекулярной физики Лев Петрович читал различные курсы (физика жидкостей, теория явлений переноса, теория излучения). Эта сторона его деятельности проходила вдали от меня, но несомненно, что в каждый из курсов лекций Лев Петрович вносил творческое начало. Об этом свидетельствуют написанные им учебные пособия [6,8].

Теперь нужно сказать о Всесоюзных теплофизических школах. К 1987 г. их прошло восемь. Первые три школы (1971, 73, 75) состоялись на тамбовской земле – в пансионате около Моршанска. Их главным организатором был тогдашний ректор Тамбовского института химического машиностроения профессор В.В.Власов. Идея проведения школ активно проводилась в жизнь И.И.Новиковым, Г.Н.Дульневым, Л.П.Филипповым. На школах собирались вместе молодые и опытные специалисты теплофизики, читались лекции, велось обсуждение проблемных вопросов. Это способствовало сплочению научных сил, взаимообогащению. Школы удались, они стали популярными. Душой теплофизических школ был Лев Петрович. Он активно занимался составлением программ, подбором лекторов, сам читал лекции, участвовал в обсуждениях. Но, пожалуй, самым характерным его занятием были многочисленные беседы со «школьниками», которые в одиночку и группками приходили ко Льву Петровичу со своими вопросами.

Встречи устраивались чаще всего на природе; условия для этого были прекрасные почти на всех школах. Заинтересованное внимание к молодым людям, строгий, но доброжелательный разбор их

*\*Л.П.Филиппов. Свойства жидких металлов. Издательство МГУ. 1988 г. Предисловие.*

#### Список книг Л.П.Филиппова

1. Измерение тепловых свойств твердых и жидких металлов при высоких температурах. М.: МГУ. 1967. 326 с.
2. Исследование теплопроводности жидкостей. М.: Изд-во МГУ. 1970. 240 с.
3. Теплопроводность газов и жидкостей (Соавторы: Варгафтик Н.Б., Тарзиманов А.А., Юрчак Р.П.). М.: Изд-во стандартов. 1970. 156 с.
4. Теплопроводность жидкостей и газов (Соавторы: Варгафтик Н.Б., Тарзиманов А.А., Тоцкий Е.Е.). М.: Изд-во стандартов. 1978. 472 с.
5. Подobie свойств веществ. М.: Изд-во МГУ. 1978. 256 с.
6. Закон соответственных состояний. М.: Изд-во МГУ. 1983. 88 с.
7. Измерения теплофизических свойств веществ. М.: Энергоатомиздат. 1984. 105 с.
8. Явления переноса. М.: Изд-во МГУ. 1986. 121 с.

*Скрипов Владимир Павлович  
Член-корреспондент АН СССР*

### НЕЗАБЫВАЕМЫЙ ЛЕВ ПЕТРОВИЧ ФИЛИППОВ

Есть особые личности, после знакомства с ко-

работ, простота в общении – вот что сделало Льва Петровича душой теплофизических школ. На восьмую школу в Алма-Ату (сентябрь 1985 г.) Лев Петрович не смог поехать по состоянию здоровья.

Под руководством Льва Петровича защищено 20 кандидатских диссертаций, а сколько молодых людей получили его помощь и поддержку в начале своей научной деятельности!

Физические исследования были главным делом жизни Льва Петровича, его основным увлечением. Вместе с тем в нем легко угадывалась разносторонность интересов и познаний, духовная наполненность. У Льва Петровича был несомненный талант систематика. Его любовь к живой природе не удовлетворялась созерцанием «вообще». Он поражал своих знакомых конкретным знанием всего, что обитает вокруг, ползает и летает – жуков, бабочек, гусениц, птиц. Знал цветы и травы «в лицо» и «по паспорту». В первые годы моего сближения с ним я удивлялся способности Льва Петровича вести беседу на прогулке и наблюдать за окружением. Он вдруг хватал какого-то жука, оценивал его и завертывал в бумажку для своей коллекции. О богатстве и полноте коллекций Льва Петровича известно многим физикам, бывавшим у него дома. На даче в Быково, где, казалось бы, любой перелесок исхожен вдоль и поперек, он мимоходом демонстрировал укромные уголки, даже пяточки, где припасались грибы, словно дожидавшиеся его.

Развитие науки напоминает эстафету. Каждое поколение дополняет и видоизменяет доставшееся по наследству знание. Результаты, полученные учеными, содержатся в их трудах. Но непосредственная духовная связь поколений зиждется на воздействии личности ученого во всей ее многогранности. Л.П.Филиппов принадлежит к тем людям, чей нравственный пример не менее значим, чем их конкретные достижения в научном творчестве.

торыми они остаются в памяти на всю оставшуюся жизнь Среди них Лев Петрович занимает одно из первых мест После окончания физического факультета Дагестанского гос. университета и проработав

лаборантом в Институте физики Даг ФАН СССР, в 1952 г. мне удалось поступить в аспирантуру физического факультета МГУ им. М.В.Ломоносова и стать аспирантом кафедры молекулярной физики, которой заведовал выдающийся ученый и организатор науки и высшего образования член-корр АН СССР Александр Саввич Предводителев. Его кафедра была одной из крупных на физическом факультете. Моим научным руководителем стал известный ученому миру своими трудами в области физики металлов и теплофизики и учебником по термодинамике – Василий Емельянович Микрюков. Кафедра успешно выполняла программу научных работ не только в важнейших областях молекулярной физики, но и в научно-технических программах государственного значения. Коллектив кафедры был сильным, среди них Лев Петрович выделялся особо – обаятельный, начитанный и талантливый физик. Если не ошибаюсь, он однажды занял первое место среди знатоков конкурса, организованного союзным телевидением. Он был симпатичен для всех, с кем ему приходилось встречаться. Помню, как однажды на заседании кафедры Александр Саввич сказал, что ученые и сотрудники кафедры должны быть такими, как Лев Петрович. Оба они часто и подолгу обсуждали проблемы развития науки на кафедре. Помню также, что Лев Петрович был одним из экзаменаторов, когда я сдавал вступительный экзамен по физике. Тогда я получил оценку хорошо и на большее я вовсе не надеялся.

Все эти три аспирантских года я имел возможность видеть и встречаться со Львом Петровичем.

Он пользовался огромным авторитетом на кафедре и на факультете. Научные интересы его лежали в области теплофизики жидкостей и твердого тела. Он стал лауреатом премии Правительства СССР. Его монографии «Измерение тепловых свойств твердых и жидких металлов» и «Подобие свойств веществ» получили высокую оценку специалистов. Я тогда занимался теплофизическими свойствами магнитных полупроводников-ферритов и потому нередко обращался к нему за советами. Еще более мы сблизились со Львом Петровичем после того, как он на год стал моим официальным научным советником после преждевременного ухода из жизни моего руководителя. Поистине я обязан Льву Петровичу за постоянное внимание ко мне и к моим научным результатам. Когда я ему отдал для прочтения обзорную главу своей диссертации, ему обзор понравился и он рекомендовал опубликовать его, но это было не просто, времени было мало – срок моей аспирантуры быстро приближался к концу и эксперименты все еще не завершены. После аспирантуры я должен был вернуться на работу в Дагестан, в университет. Меня там ждали и учебная нагрузка уже была определена. Несмотря на свою занятость Лев Петрович прочитал мою диссертацию и дал добро на защиту. Будучи в МГУ, на факультете, я часто посещал его и всегда чувствовал глубокую благодарность. Он оставил свой важный и заметный след в науке. Высокий, симпатичный, талантливый и плодотворный ученый – таким я запомнил его. Горжусь тем, что он был одним из моих учителей.

*Камилов Ибрагим-хан Камилович  
Член-корреспондент РАН*

## ЗНАТЬ И ПОМНИТЬ

*И это счастье – знать и помнить  
Тех, кто дерзал, а не смирил.  
Они ушли – остались корни  
На русском поле добрых дел.*

*В.П. Скрипов [1]*

Друзья играют существенную роль в жизни человека. С ними связана радость общения, чувство опоры в непростых жизненных ситуациях. Можно вспомнить много примеров дружбы, зародившейся в детские годы. Бывая в Москве по делам или проездом, стремлюсь заглянуть в деревню Лопатино под Калугой к школьному другу. Иногда друзья, как подарок судьбы, находятся в зрелом возрасте. Именно так сложилось у моего отца, Владимира Павловича Скрипова (далее ВП), с Львом Петровичем Филипповым (ЛП).

В 1967 году ВП, сотрудник кафедры молекулярной физики физико-технического факультета УПИ,

г. Свердловск, защитил докторскую диссертацию. Через некоторое время ему поступило предложение об оппонировании диссертации доцента физического факультета МГУ ЛП. Предложение было принято. Так состоялось их знакомство, переросшее в дружбу. Отрывочные воспоминания молодого человека о задушевных взаимоотношениях двух интеллигентных людей и послужили основой данной заметки.

Воспоминание первое – беседы ВП и ЛП. В них удивительно сочетались накал научной дискуссии, обсуждение творчества классиков и литературных новинок. Все на фоне здорового юмора и без спиртного. Уместно привести цитату из [2]:

*В Москве бывая, шел я к другу  
По Малой Бронной, а затем  
Легко беседа шла по кругу  
Серьезных и курьезных тем.*

Воспоминание второе – маленькие радости. У ВП было хобби – долгие прогулки по лесу и, по сезону, сбор грибов. Грибы ВП готовил сам. Особая

тщательность требовалась при заготовке рыжиков. Рыжики ЛП ценил. Бывая в гостях у ВП, он оказывал им достойное внимание: откусывал по кусочку и долго смаковал. В один из приездов в Свердловск в начале 80-х годов, ЛП вместе с женой планировали посетить собственно место сбора грибов (и кладези вдохновения ВП) – деревеньку Гусевка, где мои родители проводили выходные и отпуск. Это было [3]

«... Предвестие радостной встречи  
И тихих бесед у огня ...»

Получилось незабываемое для героев нашего повествования приключение! По его завершению ЛП возвращался в Москву на поезде «Урал». Проезжая через полустанок «1599 км», от которого шла лесная тропинка на Гусевку, ЛП выбросил из окна записку провожавшему поезд ВП. Она начиналась, по сложившейся у них традиции, со слов «Дорогой Скрипов! ...». ВП ответил стихотворением «Послание Л.П.Филиппову» [4]. В творчестве ВП Льву Петровичу было посвящено несколько стихотворений, два из которых [4,5], в завершение заметки, приведены ниже.

**Послание Л.П.Филиппову**

Ты помнишь хвои дух весенний,  
Когда сошли мы на перрон,  
Подобный маленькой арене,  
Где только лес со всех сторон?

Мощь оживающей природы  
Нас потрясла и увлекла  
Из плена дел такого рода,  
Для коих хватит и стола.

Ошеломляет сила жизни,  
Ее разбег, ее размах –

**Список литературы**

1. В.П.Скрипов. Февральские метели. Екатеринбург: УрО РАН. 2001. / Что душу греет и печалит. С. 110.
2. Книга [1] / Dead-line. С. 111.
3. Книга [1] / Л.П.Филиппову. С. 64.
4. Книга [1] / Послание Л.П.Филиппову. С. 69.
5. Книга [1] / Памяти Л.П.Филиппова. С. 108.

**ЛЕВ ПЕТРОВИЧ ФИЛИППОВ. УЧЕНИКИ**

Лев Петрович Филиппов возглавлял лабораторию теплофизических исследований на кафедре молекулярной физики физического факультета МГУ в 70-м году. В это время состоялось мое близкое знакомство с ним, вследствие события, которое привело к существенному изменению направления моей научной работы. На кафедру обратился Алексеев В.А., сотрудник Троицкого филиала Института атомной энергии с предложением о совместной постановке экспериментальной работы по изуче-

И служит вечной укоризной  
«Молебну» в четырех стенах.

Но путь наш выбран, освятился;  
Благословлен и проклят он.  
Весенней сшибкой отделился,  
Но быть не может отменен.

Ведь этот путь того же рода,  
Как смена лета и зимы –  
Самопознание природы  
Через отдельные умы.

Пусть будет пройден путь познания,  
На свой вступившим риск и страх!  
... Крупинка тайны мирозданья  
Сверкнет в состаренных руках.

25 апреля 1982

**Памяти Л.П. Филиппова**

Уходят, не сказав «прощай»,  
Не кончив рукопись и не остыв  
от дела, –  
Как будто лопнула праща,  
И жизнь, сорвавшись, отлетела.  
Но до последнего рывка  
В нарушенном сердцебиении  
Вся жизнь – светла и высока –  
Была осмысленным свершеньем.  
Кто рядом шел, кто вместе был,  
Возвышен трепетным примером ...  
Всю землю белый снег закрыл,  
Ей хорошо под снегом белым.

9 ноября 1986

*Скрипов Павел Владимирович  
доктор физико-математических наук*

нию теплоемкости легкокипящих металлов в широкой области состояний вплоть до критической точки. Со стороны Троицкого филиала была возможность предоставления для постановки эксперимента охлаждаемой камеры высокого давления, мощного трансформатора и других важных компонентов установки. В это время в теплофизической лаборатории Л.П.Филиппова завершался большой цикл работ по изучению теплофизических свойств жидких металлов и полупроводников. Часть работ выполнялась на мощной свч-установке (индукционная печь), другая часть работ выполнялась на менее

громоздких установках. Общим для всех этих работ было то, что методики измерения были основаны на периодическом нагреве, т.е. использовались динамические методы исследования. Работы этой лаборатории хорошо были известны, что и послужило причиной предложения о сотрудничестве. Мне Лев Петрович предложил заняться созданием установки и проведением исследований. В лаборатории Филиппова был большой опыт высокотемпературных измерений с жидкими металлами. Но все эти исследования проводились в условиях вакуума. Это было возможно, поскольку исследуемые металлы имели высокие температуры кипения. В предстоящей работе планировалось измерять теплоемкость таких металлов, как цезий, рубидий и, по возможности, других щелочных металлов, поскольку щелочные металлы имеют низкие температуры кипения. Нужно отметить, что в это время уже были известны пионерские работы Кикоина И.К. и Сенченкова А.П., а также работы немецких авторов Франка и Хензеля, выполненные на ртути. В этих работах впервые была определена критическая плотность ртути, она составляла  $5.6 \text{ г/см}^3$ . Известны были и другие работы того же Алексева В.А. и Рыжкова Ю.Ф., в которых изучалась электропроводность щелочных металлов в широкой температурной области. Перед нами стояла непростая задача: научиться измерять теплоемкость легкокипящих металлов в условиях интенсивного теплообмена, поскольку исследуемый образец должен находиться в автоклаве, заполненном аргоном. Было известно, что критическая температура цезия, например, составляет около 2000 К, критическое давление – около 100 атмосфер. Т.е. нагреваемый до 2000 К образец должен находиться в атмосфере аргона при давлениях до 150 атмосфер. В то время в механической мастерской кафедры трудились высококлассные механики, которые помогли создать детали измерительной ячейки. Основным элементом ячейки была молибденовая трубка длиной 15 см, которая изготавливалась из заготовки, представлявшей собой трубку с толщиной стенки в 1 мм, которая обрабатывалась до толщины стенки 0.2 мм по всей ее длине. Возвращаясь к вопросу о проблематичности измерения теплоемкости в условиях, далеких от адиабатических, следует сказать, что эта проблема решалась и опытным путем, и с помощью сложных расчетов. Важно было определиться с оптимальной частотой в методе периодического нагрева. Во всяком случае, систематическая погрешность, связанная с нарушением адиабатики, составила около одного процента. Гораздо выше были погрешности случайные из-за сильных конвективных потоков в аргоне, которые вносили большую шумовую составляющую в периодический сигнал температурных колебаний. Не останавливаясь на перипетиях, сопровождавших создание и испытание установки, стоит отметить только, что

на этой установке удалось продвинуться по температуре вверх почти на 700 градусов по сравнению с теми данными, которые имелись в то время для теплоемкости цезия на линии насыщения. Важно еще и то, что удалось получить несколько экспериментальных точек в сверхкритической области, т.е. в температурной области, в которой цезий уже был непроводником. Так как в то время мы не знали, как обрабатывать такие результаты, поскольку теория метода не работала, интерпретировать эти результаты мы смогли значительно позже, когда появились методы машинного моделирования. С их помощью удалось определить не только теплоемкость, но и температуропроводность, которая оказалась почти в 40 раз ниже, чем в проводящей фазе вблизи критической температуры. На созданной установке в рамках моей диссертационной работы были выполнены измерения теплоемкости цезия вдоль изобар до температур 1900 К. Продолжена работа аспирантом из Винницы Владимиром Шнёрко. Лев Петрович был научным руководителем. Я помогал в проведении экспериментальной части работы. В рамках диссертационной работы Шнёрко В. была измерена изобарная теплоемкость рубидия, калия и натрия примерно в том же интервале температур, в котором изучался цезий. В результате экспериментов было установлено, что при построении температурных зависимостей теплоемкости, пересчитанных на линию насыщения, данные для всех четырех металлов (от цезия до натрия) практически ложились на одну кривую. Это соответствовало тому, что по калорическим свойствам щелочные металлы образуют группу термодинамически подобных веществ.

Примерно в то же время Львом Петровичем была поставлена задача об организации эксперимента по определению адиабатического термического коэффициента давления (а.т.к.д.) жидких диэлектриков по методу, предложенному в 1927 году Льюисом и осуществленному Диксоном и Роудбашем. Львом Петровичем была предложена остроумная модификация метода, заключающаяся в том, что в установке, помимо основного образца с исследуемой жидкостью, использовался образец с эталонной жидкостью, что позволило, измеряя одновременно температурные отклики от обоих образцов, обходиться без калибровки датчика температуры, поскольку известны данные об эталонном образце. Для этой работы был задействован гидравлический пресс на 4000 атм. Выполнение работ по изучению температурных зависимостей а.т.к.д. ряда органических жидкостей, а также воды было поручено другому аспиранту из Винницы – Владиславу Стасенко. Отдельного внимания заслуживают методические разработки Л.П. Остановлюсь на одной из них.

Львом Петровичем в течение многих лет разрабатывалась методика измерения теплопроводности диэлектрических жидкостей с помощью

тонкой нагретой нити. Эта довольно тонкая методика, в которой платиновая нить использовалась в качестве зонда, создающего температурные колебания в жидкой среде, и одновременно являлась регистратором отклика среды на эти колебания. Температурные колебания создавались на одной частоте, а реакция среды регистрировалась на частоте третьей гармоники. Установка позволяла производить комплексные измерения теплоемкости, температуропроводности (и теплопроводности). Был получен обширный экспериментальный материал о теплофизических свойствах ряда органических жидкостей в температурном интервале от комнатных до критических температур, что позволило Льву Петровичу сделать очень важные обобщения, приведшие к заключению о термодинамическом подобии в поведении не просто теплоемкости, а избыточной теплоемкости, т.е. теплоемкости жидкости за вычетом идеальногазовой составляющей.

Пять аспирантов смогли набрать материал для своих диссертаций, на установках, на которых в том или ином варианте была использована эта методика. Начал эту цепочку Нефёдов Сергей, продолжили Лаушкина Людмила, Сергей Кравчун и Ахан Тлеубаев и завершила Вера Абдуллаева. Последняя выполняла работу уже под руководством Кравчуна С.Н. Это был интересный опыт применения методики для исследования теплоемкости и теплопроводности органических жидкостей в критической и сверхкритической областях. Позже Кравчуном С.Н. эта установка подверглась реконструкции и была использована для измерений теплофизических свойств твердых образцов. Уже на другой кафедре под руководством Кравчуна С.Н. была защищена ещё одна диссертация с использованием этой методики.

В начале 80-х годов Лев Петрович предложил мне развить метод определения а.т.к.д. жидкостей в том варианте относительных измерений, который применил аспирант Стасенко В.А., но уже для исследования жидкометаллических образцов. Он рассчитывал на то, что этот метод можно было бы применить в перспективе для изучения свойств жидкометаллических образцов непосредственно в критической и сверхкритической областях, т.е. в той области состояний, в которой металл становится диэлектриком. Трудность заключалась в том, что при работе с проводящей жидкостью не было возможности использовать батарею термопар в качестве регистратора температур; можно было использовать только одну термопару. А это ограничивало чувствительность метода. Поэтому Лев Петрович посоветовал применить не импульсный способ воздействия на жидкий металл, а периодическое воздействие. Это позволило бы, используя селективный усилитель, поднять чувствительность регистрирующей аппаратуры. Работу мы начали со стажером, позже ставшим аспирантом, сирийцем

Фейссалом Модхеном. К сожалению, в момент поступления Ф.Модхена в аспирантуру физического факультета МГУ Льва Петровича уже не стало. Научным руководителем назначили меня. Мы с Фейссалом практически с нуля создали установку (опять же спасибо нашим механикам, изготовившим генератор периодической составляющей давления). Нам нужно было сформулировать посильную задачу. Я был знаком с работами сотрудников ИВТана, которые обнаружили в поведении цезия необычную аномалию. В окрестности 600 К авторы наблюдали некие особенности в поведении вязкости и плотности. Мы понимали, что особенность в поведении плотности должна была бы отразиться на коэффициенте теплового расширения. Поскольку адиабатический термический коэффициент давления представляет собой отношение коэффициента теплового расширения к теплоемкости единицы объема, то измерение этой величины могло дать дополнительную информацию об этой особенности. И кое-что нам удалось. Созданная нами установка имела нужную чувствительность. И мы получили результаты, которые отражали особенность поведения а.т.к.д. цезия примерно в той же области температур, в которой была отмечена особенность на температурной зависимости плотности цезия, полученная в измерениях Сергея Николаевича Сковородько. Правда, результаты измерений а.т.к.д. омрачала нечеткая воспроизводимость. Позже нам удалось после усовершенствования термического контакта термодатчика с образцом получить более воспроизводимые результаты. Это было сделано в рамках дипломной работы Л.Орлова. Результаты позже были опубликованы в *Journal of Non-Crystalline Solids*. Логическим продолжением работ по разработке методики измерения адиабатического термического коэффициента давления в периодическом режиме стало создание нового, компенсационного метода определения коэффициента теплового расширения жидких металлов. Вместе с аспирантами О.Карчевским и А. Соболевой мы разработали методику и создали установку, чувствительную непосредственно к коэффициенту теплового расширения жидкометаллических образцов. Это удалось осуществить путём применения двойной модуляции, включающей воздействие на образец одновременно периодического изменения давления и периодического изменения мощности электрического тока, пропускаемого через образец. Работоспособность установки была проверена на жидком цезии. В журнале «Мониторинг. Наука и технологии» нами опубликована обзорная статья, в которой описана установка и результаты измерений. Создание этой методики было прямым следствием инициативы Льва Петровича по усовершенствованию известного метода измерения а.т.к.д. путем замены обычно используемого импульсного воздействия на образец на периодиче-

ское. Оно позволило существенно поднять чувствительность метода.

В последние годы жизни Лев Петрович интенсивно работал над развитием методов прогнозирования теплофизических свойств жидкостей

и газов на основе теории подобия (в рамках однопараметрического закона соответственных состояний). Результаты этих исследований он успел опубликовать в двух фундаментальных монографиях.

*Благодарю Лев Александрович  
кандидат физико-математических наук*

## МОЙ ЛЕВ ПЕТРОВИЧ

Мне посчастливилось работать со Львом Петровичем Филипповым в тесном творческом контакте около шести лет – период дипломной работы, аспирантуры и подготовки кандидатской диссертации. Мне повезло в том, что он и сам в это же время активно занимался той же самой тематикой, т.е. мы работали вместе. Такое случается нечасто. Большинство руководителей либо выделяют аспиранту определенный полураспаханный участок для самостоятельного возделывания, либо доверяют плотную опеку младшим сотрудникам, именуемым «микрошефами». Но со мной все было не так. Мы образовали своеобразный тандем: я не всегда знал, куда рулить, но с энтузиазмом и свежими силами молодости энергично жал на педали. Лев Петрович вдохновенно творил на моих глазах, пробовал одно, другое, не стеснялся менять на ходу оценки и направления мысли, предоставляя мне возможность жадно впитывать его гипотезы, манеру рассуждения, постановки задач, стиль написания статей и подачи материала и т.п. Так кому, как не мне, писать о нем? Кто, как не я знает, каким он был в жизни?

Но все это так и не так. Мне трудно о нем писать просто потому, что при всем том незабытом живом чувстве приобщенности к его личности и творчеству, я о нем почти ничего не знал и не знаю. Работая с ним рядом, я был поглощен именно этой работой, своим успехом и собственной карьерой. Да, он был моим научным отцом, но много ли знает ребенок о своем отце? Ребенок знает не столько отца как такового, сколько то, чему отец его научил. Я знал очень мало о других сферах его научных интересов. Как всякий ребенок, я был эгоцентричен, сфокусирован на своем и жаждал внимания к себе. Но дело здесь не только в эгоцентризме. Наша тематика была необычайно широка. Она включала столько компонентов из разных сфер, что начинающий физик мог потонуть и сгинуть без следа в этом бермудском треугольнике тепловых свойств, межмолекулярных потенциалов и молекулярной структуры. Стремление освоить весь этот разнородный материал и проявить себя каким-то самостоятельным вкладом целиком поглощало время и силы. То, чем мы занимались вместе, было не какой-то отдельной задачей, а большой, широкой и безграничной, как

степь, научной областью. Я знал, что у Льва Петровича есть еще 2-3 такие области, но я занимался только своей, и мне её хватало с избытком.

Кроме того, я слишком много впитал от Льва Петровича, чтобы писать о нем, как о ком-то отдельном от себя. Все мои последующие работы, совсем другие по содержанию, пропитаны тем же узнаваемым духом систематизации и обобщения и отмечены тем же стилем научной эстетики. Мой Лев Петрович – это живая стихия научного творчества, в которую я был погружен все это время, и частицу которой я унес с собой. Я могу писать о том, кем он был для меня. Так что яначну с себя ...

### Третий курс, выбор кафедры, выбор шефа

На третьем курсе полагалось выбирать кафедру. Этот выбор предопределял дальнейшую карьеру. Чтобы привлечь студентов, кафедры устраивали дни открытых дверей и прочие завлекательные мероприятия. Факультет был завешан рекламой. Студенты бродили, смотрели, пытались понять, где лежат их ум и сердце, руководствуясь зачастую вполне наивной романтикой. Однако для меня весь этот процесс был нацелен на практическую цель: я должен был попасть в аспирантуру и защититься без особых задержек. Эту философию формулировали тогда крылатой фразой «ученым можешь ты не быть, но кандидатом быть обязан!». Впрочем, я был самоуверен и не слишком сомневался в своей способности стать ученым. А вот получить своевременно кандидатское звание явно зависело не только от меня. Я слишком часто видел ситуации, когда защита по разным причинам оттягивалась до сорокалетнего возраста и тем самым оказывалась не только первым, но и последним шагом научной карьеры. Причем нельзя сказать, что эти запоздалые соискатели были бездарны, или их наука была чем-то плоха – просто так складывались обстоятельства их жизни: работа, семья, дети... Кандидатская степень не давалась как премия за хорошую работу. Это была отдельная высота, которую надо было брать с боя, когда предоставлялась возможность. Если такой шанс возникал, его нельзя было упускать.

В той системе ценностей, которая внушалась мне родителями, кандидатская степень была отправным пунктом научной карьеры, конечной целью которой была докторская. Моя мама не верила, что я способен стать членом Академии, как отец



(смертные не могут равняться с богами), но для поддержания престижа семьи я был просто обязан закончить свой век «каким-нибудь зав. кафедрой». Я и сам понимал, что своевременная защита кандидатской – это ключ к успеху, уважению, приличной зарплате и творческой свободе. А докторская – это серьезный труд, и чем раньше ты к нему приступишь, тем лучше. Очная аспирантура и только она давала возможность целые три года работать только на свою диссертацию и затем рассчитывать на поддержку при защите. Между тем, количество мест в аспирантуре было ограниченным: туда попадало около 10% выпускников. Попадание в аспирантуру зависело от множества факторов, но факт конкуренции пугал меня сам по себе. Я не собирался тянуть лотерейный билет. Проигрыш как возможный вариант не рассматривался. Поэтому я искал «немодную» кафедру, где не было сильной конкуренции. Я искал кафедру, в которой я, со своим рейтингом и энтузиазмом, должен был выделиться настолько, чтобы место в аспирантуре было мне поднесено безальтернативно вместе с дипломом с отличием. Я искал кафедру, где я был нужен.

Кроме того, меня всегда пугала узкая специализация. Специалист по элементарным частицам – это до скончания века специалист по элементарным частицам – и только. Подобная специализация казалось мне чем-то вроде тюрьмы. Да и много ли нужно таких специалистов? Даже специалисты по входящей тогда в моду нелинейной оптике не пользовались спросом за стенами физфака и небольшого числа академических лабораторий. На меня сильно влиял отец, твердо убежденный, что любая стоящая наука исходит из практических задач. Похоже, что так думали и его коллеги-академики. В СССР науку поддерживали для решения практических вопросов. Поэтому я хотел выбрать такую специальность, чтобы всегда иметь возможность уйти в прикладную науку, или, во всяком случае, решать какие-то прикладные задачи, от которых кому-то будет польза, и за которые, быть может, даже будут платить. Я искал фундаментальное образование.

В этом плане кафедра молекулярной физики оказалась просто подарком судьбы. Спецкурсы кафедры были организованы в три пакета: твердое тело, физика жидкостей и физическая газодинамика. Мне казалось (и, как выяснилось, правильно казалось), что знания в этих трех сферах являются фундаментом любых прикладных наук. Взять хотя бы явления тепло- и массопереноса, курс по которым нам читал Лев Петрович. По моим жизненным наблюдениям, в современных технологиях значительная часть научной компоненты связана именно с этим, в основном даже с чистым теплообменом. Об этом не пишут в газетах, но из практического опыта это становится ясным. Так, работоспособность микроэлектроники определяется внутренним прогревом;

работа 3D-принтеров моделируется через нагрев поверхности лазером, а выходная мощность самих лазеров ограничивается т. наз. тепловой линзой. Поэтому на практике инженеры-теоретики, работающие в этих (и многих других) сферах современной техники, занимаются не мифическими «нанотехнологиями», а вполне классическим моделированием процессов тепло- и массо-переноса.

Примерно такую же фундаментальную роль играет и физическая газодинамика. Когда я, уже после аспирантуры, оказался в Институте химической физики, меня поразило, насколько научный материал кафедры был связан с тематикой этого огромного института, начиная от теплового взрыва и диффузионных моделей в химической кинетике и кончая ударными и детонационными волнами, которыми занимался мой новый начальник Н.М.Кузнецов. Он же был автором справочника о составе верхней атмосферы, который прямо опирался на теоретические подходы, представленные на кафедре трудами проф. А.И.Осипова.

Однако на физфаке наиболее судьбоносным был даже не выбор кафедры, а выбор жанра: теория или эксперимент. Однажды став теоретиком, особенно с кандидатской степенью, было трудно вернуться в эксперимент – и наоборот. Теоретики и экспериментаторы представляли собой как бы два подвида *homo sapiens* и различались почти также сильно, как физики и гуманитарии. Они различались даже внешне.

Теоретики работали дома или в библиотеках и появлялись на факультете по мере необходимости. На их лицах играл здоровый румянец, они одевались со вкусом и держались высокомерно. В защите диссертации в 3-4 года сомнений у них не было. Они были уверены в себе и своем выборе. Все в них вызывало зависть, кроме одного – они работали в одиночестве и крайне редко заговаривали о сотрудничестве с экспериментом. Их теории были как бы отдельной наукой. Разговор о послеаспирантском будущем также вызывал у них смущение. Многих из них ожидала не слишком завидная роль преподавателей общей физики в ВУЗах.

Экспериментаторы ходили в потертых серосиних халатах, дотемна пропадали в тесных лабораториях, заставленных в три этажа нужным и ненужным оборудованием, нервно курили у урн в коридорах. Их цвет лица был землистым, а выражение глаз выдавало стресс и сомнения. Защита у них часто откладывалась. Однако они работали группами, и им было с кем поделиться своими проблемами. Они часто говорили об отраслевой науке, и было мало сомнений, что их опыт будет востребован. Они дышали воздухом настоящей жизни.

Позднее я понял, что причина столь драматических различий коренилась в особенностях отечественной экспериментальной науки. Лев Петрович

как-то обронил: «У нас научное приборостроение отсутствует». Если на Западе работа экспериментатора сводилась (как мне довелось позже убедиться самому) к планированию, изучению каталогов и выбору материалов и компонентов, то у нас значительный процент оборудования, особенно электронике и разные аксессуары приходилось изготавливать самим из подручных материалов. Отечественная промышленность производила лишь электроизмерительную аппаратуру общего назначения. Продуктивность в результате уменьшалась в разы и защита диссертации отодвигалась далеко за пределы четырехлетнего срока. Первый год или два аспирант собирал свой вариант установки – хорошо еще, если опираясь на предшествующие аналоги. Затем он что-то измерял. Обобщением и сопоставлением начинали заниматься после окончания аспирантуры. Впрочем, зачастую дело этим не ограничивалось, так как сопоставление и обобщение выявляли необходимость что-то домерять или перемерять. Наблюдать это было грустно, особенно, если соискатель жил не в Москве.

Однако, воздух лаборатории мне просто нравился. Еще в школе я хозяйничал в кабинете физики, помогая учителю готовить демонстрации. Мне нравилось работать с инструментами, осваивать измерительные процедуры и смотреть на колеблющиеся стрелки приборов. Я никак не мог решиться ... теория или эксперимент? В конце концов я решил начать работать в лаборатории заранее, еще на втором курсе, прочувствовать, как и чем там живут, и сделать окончательный выбор на основе этого опыта. Так как я уже приметил кафедру молекулярной физики, мне оставалось выбрать направление: твердое тело, жидкости или газы?

Я выбрал жидкости, но почему? Наверное, все же сказались научная романтика. Казалось, что по поводу газов и твердых тел существуют простые и понятные модели, а по поводу жидкостей каких-либо внятных понятий о структуре нет – вот я их и придумую! Как это ни смешно, но примерно так я и думал. Так я оказался в лаборатории Ю.А.Любимова, который занимался измерениями комплексной диэлектрической проницаемости жидкостей в диапазоне СВЧ. Я смотрел на волноводы и прочую технологию СВЧ так же завороченно, как папуасы с острова Пасхи смотрели на приплывающие парусники белого человека.

Юрий Анатольевич относился ко мне как к родному, и я начал связывать свое будущее с диэлектрическими измерениями. На кафедре вообще отношение к студентам было душевное. Студентов ценили, любили и опекали. Зав. кафедрой А.С.Предводителев по секрету вписывал за своих дипломников формулы в их дипломные работы. Он говорил: «У Вас не получится как надо; давайте лучше я сам».

В лаборатории Любимова с волноводами работал аспирант-третьегодник. Состояние его работы, о которой он откровенно рассказывал, было незавидным. Его новизна сводилась к получению новых данных справочного характера. Для диссертации этого было мало. Методика его измерения была незамысловата: капилляр с исследуемой жидкостью просто вставлялся в волновод. В первый год он пытался реализовать более новаторский метод с капилляром на оси цилиндрического резонатора. Однако, когда все было сделано, выяснилось, что резонатор резко терял добротность при тех высоких температурах, которые требовались для эксперимента: внутреннее серебрение диффундировало в металл. Теоретическая часть его работы состояла из обобщений самого общего характера. Пытаясь представить себя в роли продолжателя его трудов, я постепенно осознал, что нахожусь в тупике. Из всей этой истории становилась ясна важность накопленного в лаборатории задела и конкретного опыта, без которых ничего хорошего не сделаешь. Это выяснилось особенно ясно после истории с магнитной водой.

Летом между вторым и третьим курсом, начитавшись псевдонаучных книжек об омагниченной воде, я решил проверить сам, способна ли магнитная обработка воды уменьшать образование накипи. Любимов стал мне помогать. В лаборатории появился огромный размер и веса электромагнит, настолько мощный, что после подачи на него питания лежащие на столе пассатижи подлетали к его коническому наконечнику и вырвать их оттуда было невозможно. Кроме того, Юрий Анатольевич стал учить меня стеклодувному делу, и мы изготовили общими усилиями несколько корявое, но работающее устройство, по которому вода много раз проходила взад-вперед в области сильного магнитного поля. Наша идея была в том, чтобы подвергнуть воду магнитной обработке полями заведомо более сильными, чем в опубликованных рекомендациях, так что эффект, если он существует, должен быть еще заметнее. На всякий случай, измерили и диэлектрику на СВЧ, но никакого эффекта, понятное дело, не обнаружили. Никакого влияния омагниченности на образование накипи мы также не нашли. Но главный урок был не в этом.

Вся эта история поставила меня перед простым фактом, что наука складывается из работ-кирпичиков на добротном фундаменте уже накопленных знаний и опыта, который обычно называют «научная школа». Мои потуги с магнитной водой были безнадежным дилетантством. Я воочию увидел реальность: на данном этапе я был никем, как тогда выражались, «нулем без палочки». Мне нужна была школа. Школа, которая научила бы меня делать науку на каком-то конкретном примере – неважно на каком. В этот момент в моей жизни возник Дима

Толстунов.

Дима был аспирантом Льва Петровича и трудился примерно на той же ниве, которую потом стал распахивать и я. Дима не был научным романтиком, но он умел программировать на БЭСМ-4 достаточно сложные (по понятиям того времени) расчетные задачи. Было очевидно, что основная идея не его, и что Лев Петрович использует его как программиста-вычислителя. Дима был также самоуверен и весел, как и все теоретики, но что-то его неуловимо отличало ... Он него повеяло духом вычислительной полу-теоретической науки, которая до сих пор обладает для меня особым непередаваемым очарованием. Это такая наука, где дистанция между теоретическим концептом и экспериментальной цифрой – это один шаг, и этот шаг все время проходится взад и вперед. Один из моих будущих учителей назвал такую науку «экспериментальной математикой». В ней есть столь привлекательный элемент «попробовать и сделать», и при этом все, что нужно сделать, содержится в относительно послушной программе и находится под твоим контролем в значительно большей степени, чем вечно непредсказуемые и выходящие из берегов процессы в самодельных измерительных установках.

В то время я еще не знал, как далеко пойдет моя работа со Львом Петровичем, и насколько живо в ней будет играть и переливаться та самая живая и ежеминутная связь теории и фактов, к которой я полуосознанно стремился, и которой мне не хватало в «высокой» теории. Но в Диминых рассказах в любом случае улавливалась неплохая гарантированная программа-минимум. Научиться программировать на БЭСМ-4 хотелось и мне. Стало ясно, что нужно уходить. Расставание с Юрием Анатольевичем было болезненным для нас обоих, и сам Лев Петрович тоже был несколько смущен. Но формально я ни к кому еще прикреплен не был, так что мой фактический переход был на официальном уровне моим первым выбором. Я правильно сделал, что начал выбирать заранее, почти за год до формального распределения по кафедрам и группам.

#### Подобие веществ и подобие молекул

Задача теоретического описания теплофизических свойств жидкостей и их расчета на основе постулатов молекулярно-кинетической теории ставит в тупик обычную теоретическую физику. Даже само взаимодействие двух многатомных молекул не поддается строгому расчету, а моделировать квазихаотический ансамбль таких молекул и подавно невозможно. Лев Петрович использовал иной подход, основанный на эмпирически наблюдаемой классификации веществ в сочетании с обобщенными же моделями молекулярного уровня, описывающими не отдельное вещество, а их классы. Этот подход получил название «теория термодинамического подобия». Когда я начал работать со Львом Петровичем,

данный подход уже был развит и сформулирован в его книге [1], которая и стала моим введением в тему. Этот подход охватывал так называемые «простые» жидкости, в которых межмолекулярное взаимодействие не было осложнено водородными или металлическими связями, сильной полярностью и прочими «химизмами».

Класс термодинамического подобия – это группа веществ, для которых уравнение состояния и совокупность связанных с ним свойств описываются единой для всего класса безразмерной функциональной зависимостью. При этом каждое конкретное вещество данного класса характеризуется двумя масштабными параметрами: критическим объемом  $V_k$  и температурой  $T_k$ , т.е. масштабами размера и энергии. Типичный пример такого класса – это группа инертных газов с их простыми одноатомными молекулами. Открытие же состояло в том, что весь класс простых жидкостей, включающий огромное множество веществ, представляет собой непрерывное семейство классов подобия, в котором свойства каждого вещества определяются, помимо тех же двух масштабных параметров, еще и безразмерным критерием термодинамического подобия  $A$ . Величина  $A$  для разных веществ меняется от 4 до нуля, причем величина 4 соответствует группе инертных газов, а на другом конце спектра находятся вещества с большими молекулами, например, высокие углеводороды.

Теория термодинамического подобия широко использовалась для разработки практических расчетных методов, но лишь в руках Льва Петровича она стала методологическим инструментом научного исследования. Лев Петрович по сути дела переопределил предмет теплофизики жидкостей: вместо множества индивидуальных веществ и разрозненных попыток описания их свойств на языке индивидуальных моделей межмолекулярного взаимодействия, он предложил говорить о классах термодинамического подобия и об интерпретации этих классов на языке обобщенных потенциалов межмолекулярного взаимодействия.

Факт термодинамического подобия подводит к мысли, что форма молекул (т.е. их несферичность) не оказывает принципиального влияния на термодинамические свойства. Действительно, в каждом классе подобия присутствуют как симметричные сферо-подобные молекулы (типа  $CF_4$ ), так и вытянутые цепочки типа простых алканов или уплотненные молекулы типа бензола. Форма молекулы сама по себе не приводит к особенностям в поведении свойств: для каждой несферической молекулы существует сферический эквивалент с такими же (т.е. термодинамически подобными) свойствами. Поэтому логично предположить, что существует центральный точечный потенциал взаимодействия, моделирующий взаимодействие квазисферических

молекул, но также эффективно описывающий уравнение состояния более широкого класса простых жидкостей, молекулы которых не обязательно квазисферичны.

Таким обобщенно-модельным потенциалом и был трехпараметрический потенциал сферической оболочки, над которым трудился Дима Толстунов. Этот потенциал представлял собой результат «размазывания» классического точечного потенциала Леннард-Джонса (характеризуемого Ван-дер-Ваальсовской силой притяжения  $c/r^6$  и диаметром твердого ядра  $\sigma$ ) по сфере диаметра  $d$ . Если данный потенциал адекватен как модель, то тройка его характеристических параметров должна быть функционально связана с тройкой макроскопических параметров  $V_k, T_k, A$ . Конкретно,  $A$  должно быть связано с  $d/\sigma$ , а  $\sigma^3/V_k$  и  $c/(V_k^2 T_k)$  должны быть функциями  $A$ .

Единственным термодинамическим свойством, которое можно одновременно рассчитать на основе межмолекулярного потенциала и измерить экспериментально с хорошей точностью, является второй вириальный коэффициент газов – первый член в разложении уравнения состояния в степенной ряд по плотности. Обобщенные температурные зависимости второго вириального коэффициента реальных веществ можно было совместить с рассчитанными кривыми для потенциала сферической оболочки, и, если два семейства кривых окажутся близкими друг другу, вывести отсюда те функциональные связи, о которых идет речь выше.

Эта программа и была выполнена в диссертации Толстунова [2], но для полноты картины надо было еще понять, чему соответствуют параметры  $c$ ,  $d$ ,  $\sigma$  для реальных молекул. Не разобравшись в этом, трудно было говорить о потенциале сферической оболочки, как о модели взаимодействия реальных молекул. Этой задачей Лев Петрович занимался сам, начав с симметричных квазисферических молекул, для которых  $\sigma$  и  $c$  можно было отождествить со взаимодействием наружных атомов, а  $d$  было удвоенным расстоянием от центра молекулы до ядра наружных атомов. При этом все эти параметры поддавались оценке из независимых источников, как-то на основе сведений о структурах молекулярных кристаллов, теплотах абсорбции газов и т.п.

Молекулярно-структурный набор параметров  $c$ ,  $d$ ,  $\sigma$  можно было связать с  $V_k, T_k, A$  для тех же веществ. В результате появилась возможность сопоставить расчетные и эмпирические взаимозависимости микро- и макро-параметров, которые оказались в приличном согласии. Это и было основным выводом работы Толстунова: потенциал сферической оболочки работал, и его параметры поддавались интерпретации на языке молекулярной структуры. Но Лев Петрович пошел дальше: он захотел включить в рассмотрение несимметричные молекулы, для начала почти сферические, такие,

как, скажем,  $\text{CF}_2\text{Cl}_2$ . Задача сразу резко усложнилась: возникло несколько  $d$  и  $\sigma$ , которые надо было как-то усреднять. Помимо вопроса о «весах» усреднения, возник еще вопрос о центре несимметричной молекулы, от которого надо было отсчитывать структурные диаметры  $d$ , которые теперь у каждого атома были свои.

В этом состоянии я и застал разработку проблемы. Надо было разбираться с проблемой центра для несимметричных молекул. Для этого было три кандидата: центр масс, ядро центрального атома и т. наз. «объемный центр», т.е. центр тяжести геометрической модели молекулы, составленной из шаров диаметров  $\sigma$ , заполненных однородным веществом. В качестве критерия истинности рассматривалось постоянство отношения  $V_k/(d+\sigma)^3$ , которое выполнялось с хорошей точностью как для симметричных молекул, так и для потенциалов сферической оболочки. В первой работе Льва Петровича фигурировал центр масс, но затем он стал сомневаться. По результатам, центр масс работал плохо, так как часто оказывался сильно смещенным к краю молекулы. Лучше всего работал «объемный центр», который интуитивно отвечал понятию о геометрическом центре молекулы как объемной фигуры.

Будучи студентом третьего курса, я как раз проходил статистическую физику, и мне стало ясно почему центр масс не работает – просто потому, что статистическая сумма канонического ансамбля зависит лишь от потенциала межмолекулярного взаимодействия. Этого вроде было достаточно, но все же оставались сомнения: статистическая сумма подразумевала интегрирование по положениям центров и по ориентациям, так, может быть, результат все же зависит от того, где выбран центр? Интуитивно было уже ясно, что статистическая сумма не может зависеть от выбора центра, но потребовались определенные математические усилия, чтобы убедиться в этом окончательно. Таким образом, центр масс был отбракован, как не относящийся к делу, и мы стали использовать «объемный центр». Уже позднее выяснилось, что «объемному центру» можно придать строгий физический смысл. Для этого надо рассмотреть асимптотику межмолекулярного потенциала сил притяжения на далеких расстояниях и поставить вопрос о таком центре молекулы, который бы минимизировал отклонения потенциала от сферичности [3]. Таким оказался центр тяжести молекулы с весами атомов  $c^{1/2}$ . Однако эти величины примерно пропорциональны структурным объемам атомов  $\sigma^3$  и, таким образом, оптимизация квазисферичности и на далеких и на близких расстояниях привела к одному и тому же результату.

Но основные усилия в это время были направлены на оптимизацию весовых факторов для усреднения  $(d+\sigma)$ . Лев Петрович пробовал разные варианты, стремясь сочетать точность предсказания

критических объемов с простотой конечных формул. Его отношение к математическим аспектам работы соответствовало оригинальности и «необщему выражению» самого подхода. С одной стороны, все эти формулы были приближенными и позволяли много вольностей, чем Лев Петрович явно наслаждался, свободно заменяя среднее арифметическое на среднее геометрическое, отбрасывая сомножители, близкие к единице – или, наоборот, вдруг начиная заменять взятые из справочников структурные величины на подгоночные параметры, когда для этого возникали основания. Это изящное, почти музыкальное, жонглирование формулами можно найти в первой части его известного обзора в ИФЖ [4]. Простота конечных формул не только способствовала их практическому использованию как расчетных методов, но и выражала определенные истины природы вещей, к которым он приходил столь неординарным полуиндуктивным путем, с моцартовской легкостью переходя из сферы теории в сферу фактов и, казалось, существуя в обоих сферах одновременно.

Этой изящной игрой его мысли я мог лишь восхищаться. Попытаться подражать ему в этом было бессмысленно. Мой собственный стиль был и остался солидным и тяжеловесным. Однако в этот период я привнес новый элемент, который окрасил все это направление в новый оттенок. Это была идея инкрементных методов. Собственно, особой новизны здесь не было – справочники были полны инкрементными методами расчета самых разных величин, включая и критический объем. Но я стал задавать новый вопрос: почему эмпирические инкрементные методы работают? В отношении критического объема ответ на этот вопрос был найден, причем в терминах нашего обычного геометрического представления молекулы как набора шаровых атомов. Инкрементам критического объема оказалось возможным придать вполне прямолинейный геометрический смысл. Более конкретно, объем геометрической модели молекулы оказалось возможным рассчитать путем суммирования почти постоянных атомных инкрементов, а сам этот объем оказался с хорошей точностью пропорционален критическому объему вещества [5]. Таким образом, простота инкрементного подхода сочеталась с опорой на использование молекулярной структуры: постоянство инкрементов было объяснено, а их величины рассчитывались из структурных соображений.

Таким образом, вместо сложной, интуитивно не очевидной и не всегда применимой процедуры усреднения поперечников, критический объем оказалось возможным вычислять как сумму объемов атомных шаровых сегментов. При этом средний поперечник, который раньше вычислялся путем сложного усреднения, теперь можно было мыслить как диаметр шара, равновеликого объему мо-

лекулы. До этой работы Лев Петрович смотрел на инкрементные методы, как на чистую эмпирику, противопоставляя их более обоснованным моделям, опирающимся на концепцию термодинамического подобия. Идея использования геометрических молекулярных моделей для вывода инкрементных методов сработала не только для критического объема, но и при выводе инкрементного метода расчета критерия термодинамического подобия. Умело манипулируя процедурами усреднения поперечников, Лев Петрович вывел формулу, связывающую критерий подобия с числом наружных атомов, которое вычислялось путем суммирования инкрементов, большинство которых было равно 1 [6]. Получение простых формул, верных с точностью, близкой к точности экспериментальных данных и самой концепции подобия, доставляло нам большую радость.

Основной результат этих работ состоял в расширении сферы применения полуэмпирических зависимостей между характеристическими макропараметрами веществ и их молекулярной структурой. Те зависимости, которые вначале охватывали небольшую группу квазисферических молекул, удалось обобщить практически на весь класс простых жидкостей. Таким образом, стало возможным говорить о прогнозировании свойств простых жидкостей на основе молекулярной структуры. Концепция прогнозирования свойств была впервые четко сформулирована Львом Петровичем в его обзоре [4]. Зародившись в контексте исследовательской программы, прогнозирование было сразу обращено в готовые к применению формулы, чему особенно способствовали три инкрементные методики, предложенные в наших совместных работах [5-7].

В нескольких совместных статьях, написанных в это время, соотношение между вкладами авторов совсем не соответствует обычной схеме: руководитель руководит, а студент работает. Лев Петрович активно работал сам. Надо сказать, что хотя несколько раз мы прибегали к помощи БЭСМ-4, в большинстве случаев мы оба обходились без нее. Хотя до появления персональных компьютеров оставалось еще около 10 лет, в период моего обучения на физфаке начали продаваться отечественные электронные калькуляторы, в том числе калькуляторы с программированием. Это было революцией. Ведь когда мы учились в школе, главным средством ускорения вычислений была логарифмическая линейка. Калькулятор с программированием оказался большим подспорьем и подходил к стилю нашей работы. В умелых руках этот инструмент был способен на многое. Лев Петрович прекрасно его освоил, и все свои расчеты делал сам. Не помню случая, чтобы он просил меня что-то за него подсчитать, пользуясь своим руководящим положением. И вообще не помню, чтобы я получал от него директивы в плане того, что я должен делать. Он делился со

мною своими соображениями (или не делился, когда хотел что-то сделать сам), а я мог делать свои выводы.

Впрочем, один раз он все же заговорил со мною на языке приказа. За год до окончания аспирантуры, когда у меня уже накопилось достаточно публикаций и стали уже чесаться руки начать писать диссертацию, он вдруг заявил, что я должен обратить методы прогнозирования и создать численный метод подбора веществ с заданными свойствами. Суть дела была очевидна. Ведь если речь идет о простых веществах, то как бы ни формулировалось тех. задание по свойствам, его всегда можно выразить в терминах критических параметров и *A*. Далее же нужна компьютерная программа, которая будет разумным образом перебирать молекулы разного состава и находить комбинации атомов, которая доставляли бы наборы параметров, близкие к желаемым. Эта задача мне сразу не понравилась. В ней не было физики, не было элементов исследования природы. Задача была чисто программистская, техническая. Изначально было очевидно, что такую программу создать можно, и примерно понятно как. Было грустно, но я подчинился без возражений и распрошлся с мыслью о защите в 3 года. Эта программа при тогдашних темпах работы на БЭСМ-4, обещала отнять около года. Сейчас то же самое было бы проделано за пару недель.

Было в целом понятно, к чему стремился Лев Петрович. Ведь основная часть нашей работы сводилась к развитию методов прогнозирования. Но это направление начал он сам, а я лишь помог ему на последнем этапе. Прогнозирование он уже «застолбил» за собой в обзоре в ИФЖ, опубликованным от его имени [4]. Поэтому он не хотел, чтобы моя диссертация содержала в названии слово «прогнозирование». Это поставило бы нас обоих в двусмысленную ситуацию: меня могли бы обвинить в плагиате и указать на необходимость четче выделить оригинальный вклад. Но сделать это было не так легко именно в силу нашего тесного взаимодействия. Перенос акцента на подбор веществ был соломоновым решением. За Львом Петровичем оставалось прогнозирование как оно есть, а мне нарезалось новое направление, настолько новое, что при правильном подходе его можно было развить в докторскую. Однажды состоялся такой разговор: «Андрей,» – сказал он как-то, «я еще хочу подержать в руках Вашу докторскую». «Ну, может лет через 10», осторожно соглашался я. «Нет,» – серьезно отвечал он, – «надо раньше. Я столько не проживу». Так что это был своего рода подарок – правильный подарок для того, кто захотел бы и сумел бы им воспользоваться. Но я, как всякий активный и себялюбивый ребенок, хотел прожить свою, а не подаренную родителем жизнь, и после аспирантуры стал заниматься совсем другими вещами. Но в моей первой самостоятельной рабо-

те о схлопывании парового пузырька, было легко увидеть изящное однопараметрическое семейство кривых, которые в конце были сведены в простую полуэмпирическую зависимость... [8].

### Лев Петрович в жизни

Если Вы хотите представить себе Льва Петровича, взгляните на его фотопортрет. Он принадлежал к тем счастливым людям, которые всегда похожи на свое паспортное фото. Внешне он был ровен, спокоен и все время одинаков. Богатство и разнообразие его умственной жизни совершалось внутри. Он выражался на идеальном литературном языке в той сдержанной и несколько официальной и, вместе с тем непринужденной, манере, которую я называл для себя «петербургской». В нашей семье носителем этой традиции была бабушка, получившая хорошее дореволюционное воспитание. Другим «петербуржцем» в моей жизни был академик Д.С.Лихачев, с которым мне довелось познакомиться примерно в это же время. Как я узнал позже, мать Льва Петровича происходила из дворянского рода Лихачевых и издавала даже периодический «Родовой Листок». В этой манере постоянный ровно-благожелательный тон общения сочетался с соблюдением дистанции. Панибратство исключалось. Для меня этот стиль был идеально комфортным. Я не доверял фамильярности.

Одежда Льва Петровича вполне отвечала этому скромно-рафинированному стилю. Он всегда носил один и тот же костюм темно-зеленого «бутылочно-го» цвета. Такие костюмы в магазинах не продавались, и можно было сказать с уверенностью, что он был пошит в ателье. Костюм сидел как влитой на его нестандартной фигуре, отмеченной умеренной полнотой и заметной сутулостью. Всегда идеально выглаженный, этот костюм смотрелся как своего рода доспех, защищавший своего носителя от превратностей и суеты внешнего мира. Под костюмом всегда можно было видеть тонкую мягкую бурозеленую фуфайку, из-под высокого выреза которой виднелся серый воротник рубашки, иногда приобретавший белый цвет по случаю праздничных событий. Вечнозеленый оттенок костюма элегантно сочетался со столь же постоянным коричневым цветом безупречно начищенных ботинок. Лев Петрович был и смотрелся джентльменом.

Все разговоры с ним почти всегда были связаны с работой, так что составить представление о его внеученных вкусах и пристрастиях было довольно сложно – да и желания особого не возникало, так как всегда было о чем поговорить по работе. Атмосфера нацеленности на науку окружала его естественно и без каких-то видимых усилий – говорить о чем-то другом в его присутствии было странно. Лев Петрович жил в науке не только в плане его основной профессии. Кроме физики, он изучал и профессионально знал еще как минимум три науки:

химию, биологию и геологию. Механизм получения его энциклопедических познаний становился более понятным, когда я, приходя к нему домой, когда он хворал, видел на табуретке около его кровати стопку библиотечных книг, предназначенных «на болезнь», когда ему было трудно заниматься основной работой. Очевидно, он владел навыком быстрого чтения, а его исключительная память заменяла еще не избретенную википедию.

Он говорил, что наука – это искусство классификации, и этот принцип иллюстрировался не только теорией термодинамического подобия, но и огромными коллекциями насекомых и минералов, которые украшали стены его квартиры и сделали бы честь музею среднего калибра. В детстве я собирал коллекцию жуков и хорошо представлял себе связанные с этим сложности. Мои жуки, положенные на вату в коробке из-под конфет, теряли лапки, их усики отламывались... через несколько лет коллекцию можно было выбрасывать. Так что я мог оценить профессиональный уровень коллекции Льва Петровича. Жуки были идеально прищиплены на высоких булавках далеко друг от друга и помещались в застекленных стеллажах, жестко закрепленных на сте-

нах. Коллекция, насколько я помню, занимала часть стен в двух комнатах. В деревянных ящиках были свалены без особых церемоний несколько коренных зубов мамонтов и другие окаменелости. Остальные стены были заставлены книгами.

Лев Петрович жил в большой коммунальной квартире в старом доме дореволюционной постройки на Патриарших прудах. Соседи постепенно разъезжались по отдельным квартирам, и их комнаты доставались Филипповым. Так что в их пользовании со временем оказалась приличная жилплощадь, хотя квартира в целом оставалась коммунальной. В квартире были необычно высокие потолки, и в целом она казалась просторной. Помимо книг и коллекций, все остальное было очень скромно. Рабочий стол Льва Петровича располагался перед окном, выходящим на Патриаршие пруды, в той же большой комнате, где он спал. За этим столом он и умер, так же спокойно и благородно, как жил. Он сидел и писал свою очередную книгу, как вдруг его супруга услышала громкий стук упавшего тела. Он ушел из жизни без жалоб и стонов, прожив до конца полноценную творческую жизнь и достойно используя отведенное ему время.

#### Список литературы

1. Л.П.Филиппов. Подобие свойств веществ. М.: Изд-во МГУ. 1978.
2. Д.А.Толстунов. Эффективные потенциалы взаимодействия многоатомных молекул в жидкостях и газах. МГУ, канд. дисс., 1983.
3. А.Д.Охоцимский, В.Г.Грязнов. Выбор центра молекулы при расчете термодинамических свойств жидкостей и газов. Вестник МГУ, серия 3 физика, астрономия. 1985. Т. 26. №1. С. 48-51.
4. Л.П.Филиппов. Развитие методов прогнозирования свойств жидкостей и газов. ИФЖ. 1983. Т. 54. №56. С. 839-855.
5. А.Д.Охоцимский. Об одном методе прогнозирования критического объема жидкостей. ЖФХ. 1981. Т. 55. №5. С. 1313-1315.
6. Л.П.Филиппов, А.Д.Охоцимский. Об инкрементном методе расчета определяющего критерия термодинамического подобия. ЖФХ. 1982. Т. 56. №10. С. 2440-2443.
7. Л.П.Филиппов, А.Д.Охоцимский. Определение энергии дисперсионного взаимодействия по термодинамическим данным. ЖФХ. 1982. Т. 56. №6. С. 1370-1373.
8. A.D.Okhotsimskii. The thermal regime of vapour bubble collapse at different Jacob numbers. Int. J. Heat & Mass Transfer. 1988. V. 31. No. 8. Pp. 1569-1576.

*Охоцимский Андрей Дмитриевич  
кандидат физико-математических наук*

#### БОЛЬШОЙ ЧЕЛОВЕК И УЧИТЕЛЬ

Вспоминаю Льва Петровича Филиппова с теплым чувством безмерной благодарности за помощь и поддержку. Будучи студентом 2 курса радиофизического факультета Дагестанского государственного университета имени В.И.Ленина, я в 1965 году устроился лаборантом (0.5 ставки) на кафедре физики твердого тела, на которой в последующем проработал в общей сложности 15 лет. Мне было поручено обслуживание учебных лабораторных занятий, а также участие в исследовательской деятельности на установке для измерения теплопроводности металлов в твердом и жидком состояниях, которую собрал и апробировал дипломник, уехавший на работу в сельскую школу по распределению. Знакомство с проблемой измерения теплопроводности началось

с изучения текста дипломной работы, научных статей в журналах и сборниках. Следует заметить, что кафедре физики твердого тела в то время возглавлял академик АН Азербайджанской ССР, доктор физико-математических наук, директор Института физики и председатель Президиума Дагестанского филиала АН СССР Хабибулла Ибрагимович Амириханов, а практическим руководителем кафедры был кандидат физико-математических наук, доцент Буньям Палчаевич Пашаев. На кафедре сложились два направления исследований: теплофизических свойств металлов и сплавов в твердом и жидком состоянии (научный руководитель Б.П.Пашаев) и теплофизических свойств ферритов при фазовых переходах 2 рода (руководитель И.-Х.К. Камилов). В 1967 году я познакомился с только что вышедшей из печати в издательстве Московского университе-

та книгой Льва Петровича Филиппова «Измерение тепловых свойств твердых и жидких металлов при высоких температурах», которая на долгие годы стала для меня настольной, бесценным учебником экспериментальной деятельности. И когда в октябре 1968 года мои коллеги по кафедре взяли меня, студента 5 курса, на Третью Всесоюзную теплофизическую конференцию в г.Баку, я был счастлив увидеть автора, который стал для меня заочно Учителем. Я стеснялся подойти ко Льву Петровичу, но фотографировал его издали. Дипломная работа моя была посвящена изучению теплопроводности индия, олова и сплавов на их основе в твердом и жидком состоянии стационарным методом плоского слоя. Результаты были опубликованы совместно с моим научным руководителем Б.П.Пашаевым в журнале «Теплофизика высоких температур» в 1971 году. В этом же году, в июле месяце, довелось встретиться и ближе познакомиться с Львом Петровичем Филипповым на Первой Всесоюзной теплофизической школе в г. Тамбов – г. Моршанск. В беседах с ним поразили глубокие и подробные знания экспериментальной деятельности в области теплофизических исследований, нацеленность на развитие существующих и перспективных методов измерений. Договорились о его приезде в Дагестан в августе 1971 года и о будущих возможных консультациях. Этих встреч и консультаций потом было множество. Лев Петрович принимал меня и своей лаборатории 2-31 на кафедре молекулярной физики физического факультета МГУ, и дома у себя на улице Малой Бронной, где его гостеприимная супруга Галина Павловна кормила нас сытными обедами. Меня поражала многосторонность увлечений Льва Петровича. Все стены квартиры были увешаны коллекциями бабочек невиданных размеров и окрасок. Он на моих глазах сам ловил этих бабочек и составлял коллекции. Были там и бабочки из Дагестана. С 1972 года, поступив в очную аспирантуру Дагестанского

университета, я стал чаще бывать в Москве и общаться со Львом Петровичем. В одной из таких поездок пришлось искать возможных заказчиков договорной работы, включающей в себя проведение измерений теплофизических свойств веществ. После безуспешных попыток найти таких заказчиков обратился ко Льву Петровичу за помощью. Он мне указал на Всесоюзный научно-исследовательский и проектно-технологический институт электрокерамики, руководство которого накануне обратилось в МГУ с просьбой измерить ряд теплофизических свойств новых марок электротехнического фарфора для опорно-стержневых изоляторов с целью дальнейшего включения этих данных в государственный стандарт. Я поехал в этот институт на шоссе Энтузиастов и на протяжении нескольких дней доказывал, что в Дагестанском госуниверситете есть возможность проведения подобных измерений. Вопрос решился положительно только после письменных гарантий, данных Львом Петровичем Филипповым, в том, что на кафедре физики твердого тела Дагестанского госуниверситета есть возможность выполнить указанную работу качественно и в срок. Эта работа, выполненная успешно, положила начало долгому, на протяжении десяти лет, творческому сотрудничеству кафедры и института, открыла еще одно интересное направление научных исследований механических и теплофизических свойств керамики. Мы бесконечно благодарны за это Льву Петровичу. К нашему глубокому сожалению он безвременно ушел из жизни в ноябре 1986 года, и его уход отозвался настоящим горем в наших сердцах. Через год после кончины Учителя я проходил четырехмесячное повышение квалификации на физическом факультете МГУ, и с помощью супруги Льва Петровича отыскал его могилу на Ваганьковском кладбище, возложил цветы. Память будет вечно хранить бесценные минуты и часы общения с великим Человеком и Учителем.

*Ревелис Валерий Григорьевич  
кандидат физико-математических наук*

## ВЕКТОР ФИЛИППОВА

... В восьмидесятые годы прошлого века существовала практика делегирования успешных студентов региональных ВУЗов в ведущие научно-исследовательские и образовательные центры страны для выполнения дипломных работ. По этой программе в декабре 1970 года, с рекомендательным письмом от моего руководителя Пашаева Буньяма Палчаевича, я был направлен в лабораторию «Молекулярной физики» МГУ ко Льву Петровичу Филиппову.

Он тепло отнесся к моему появлению в лаборатории, сразу распорядился, чтоб мне выдали

пропуск, подробно расспросил меня о нашей кафедре, поскольку знал, что на физическом факультете ДГУ под руководством чл.-корреспондента АН СССР Амирханова Х.И. создана школа теплофизиков, в числе которых были мой руководитель и И.К.Камилов.

Под научным руководством Филиппова Л.П. работал коллектив молодых ученых, к которому я был прикреплен для проведения экспериментальных исследований тепловых свойств металлических проводников методами, разработанными непосредственно им. Как истинный педагог, Лев Петрович неформально старался делиться опытом



и стимулировать меня на проявление самостоятельности в процессе приобретения знаний и профессиональных навыков экспериментатора.

Рабочий день Льва Петровича начинался с того, что он интересовался результатами выполнения его заданий, причем, в первую очередь, у меня, как у гостя и младшего в лаборатории. Поскольку я был командирован всего на полгода, он держал под контролем темп выполнения моего дипломного задания. Студентам МГУ на выполнение таких работ выделялся целый год.

Лев Петрович привлек меня к участию в работе семинаров и заседаниях кафедры, где, в том числе, рассматривались и обсуждались предзащиты диссертаций ... Он и Предводители А.С. – заведующий кафедрой, предлагали мне, как начинающему ученому, первым высказать свое мнение по решаемым вопросам.

Атмосфера в лаборатории была предельно творческой и доброжелательной, поэтому уже в апреле мне удалось завершить свою работу «Исследования комплекса тепловых свойств лантана, неодима и церия нестационарными методами». Результаты этих исследований были опубликованы в журнале «ТВТ». Такая организация научно-исследовательского процесса способствовала моему становлению как ученого-исследователя, организатора и педагога.

Коллектив лаборатории и лично Лев Петрович проявили инициативу – продлить мне стажировку

еще на полгода для выполнения начатых исследований, которые предполагалось продолжить во время обучения в аспирантуре. Несмотря на то, что ДГУ было выделено два целевых места в аспирантуру, по семейным обстоятельствам я не смог далее оставаться в Москве. Лев Петрович с сожалением отнесся к этому, но все-таки определил мне тему кандидатской диссертации, поскольку верил, что я не оставлю научную работу.

На протяжении многих лет до моей защиты он осуществлял неформальное руководство моими исследованиями, несмотря на свою занятость и расстояние. Он принимал участие и в руководстве кандидатскими диссертациями других учеников Пашаева – Ревелиса В.Г. и Пашука Е.Г. В каждую командировку в Москву по вопросам выполнения договоров, я и мои коллеги встречались с Львом Петровичем дома, где он подробно знакомился с нашими научными результатами, давал советы и рекомендации. Будучи организатором теплофизических конференций, он привлекал дагестанских физиков к их работе.

После того, как я защитил кандидатскую, он предложил мне тему докторской диссертации с перспективой защиты в МГУ. К сожалению, до этого события Лев Петрович не дожил. В моей научной деятельности до сих пор незримо присутствует вектор, заданный Львом Петровичем, который я стараюсь передать своим ученикам и коллегам.

*Палчаев Даур Каирович  
доктор физико-математических наук*

### УЧАСТИЕ ЛЬВА ПЕТРОВИЧА ФИЛИППОВА В ПЕРВЫХ ВСЕСОЮЗНЫХ ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИХ ШКОЛ

Первая Всесоюзная теплофизическая школа (ВТФШ-1) была проведена в июле 1971 г. Инициаторами проведения первой Всесоюзной теплофизической школы и основными членами оргкомитета были:

1. Лыков Алексей Васильевич (1910-1974 гг.) – Президент Академии наук Белорусской ССР, академик, доктор наук, профессор, являвшийся в то время одним из наиболее известных в Советском Союзе и в зарубежных странах ученым в области исследований процессов тепло- и массопереноса.

2. Дульнев Геннадий Николаевич (1927-2012 гг.) – доктор технических наук, профессор, в то время заведующий кафедрой теплофизики Ленинградского института точной механики и оптики (ЛИТМО), являвшийся учеником профессора Кондратьева Г.М. – автора книг по применения методов регулярных режимов в теплофизических измерениях. Отмечу, что в дальнейшем Дульнев Г.Н. долгое время рабо-

тал ректором ЛИТМО, кроме теплофизических измерений позже занимался исследованиями так называемых торсионных полей.

3. Филиппов Лев Петрович (1925-1986 гг.) – доктор физико-математических наук, профессор Московского государственного университета им М.В.Ломоносова, к тому времени опубликовавший три книги [1-3], представлявших собой большой интерес для ученых в области теплофизических измерений.

4. Власов Валентин Викторович (1934-1982 гг.) – в то время кандидат технических наук, ректор Тамбовского института химического машиностроения (ТИХМ), заведующий кафедрой автоматизации химических производств (АХП).

Из числа наиболее известных на тот момент ученых в области теплофизических измерений исследования процессов тепло-массопереноса была создана методическая комиссия, которой было поручено рассматривать заявки на участие в ВТФШ-1 и отбирать кандидатуры будущих лекторов и докладчиков. Лев Петрович Филиппов был в составе этой методической комиссии и определял состав

будущих лекторов и докладчиков.

#### **Мое участие в работе ВТФШ-1**

В 1971 году я был студентом кафедры АХП ТИХМ и стал заниматься (вместе со студентами Мищенко С.В., Серegiной В.Г., Ильинской А.С., Лазаревой Т.П., Подольским В.Е., Фесенко А.И., Писецким А.Ф. и др.) научно-исследовательской работой под руководством Власова В.В. У него дома был кабинет с высоким столом, за которым он писал стоя, на стене висела доска, на которой можно было писать мелом. Раз в 2 недели студенты-исследователи приходили к нему домой, отчитывались о выполнении ранее выданных заданий и получали новые задания.

Во время научного семинара в начале июня 1971 года Валентин Викторович сообщил нам – студентам, что в июле под Моршанском будет проходить теплофизическая школа, предложил приехать туда и послушать лекции ведущих ученых-теплофизиков Советского Союза. При этом он добавил, что студентам придется помогать на кухне, чистить картошку и выполнять другие работы, но зато можно будет посещать лекции. Жить можно будет в палатках, т.к. в июле в Тамбовской области обычно бывает хорошая погода.

#### **Прибытие участников и студентов на место проведения теплофизической школы**

Участников первой Всесоюзной теплофизической школы (ВТФШ-1) встречали на железнодорожном вокзале, на автовокзале и в аэропорту города Тамбова. Пленарное заседание было проведено в Доме политического просвещения (в здании с колоннами на улице Державинской, сейчас в нем размещается Тамбовский областной краеведческий музей). По установленному в то время порядку, на пленарном заседании были заслушаны доклады представителей Обкома КПСС и Облисполкома Тамбовской области, ректор ТИХМа Власов В.В. рассказал о порядке проведения дальнейшей работы ВТФШ-1.

После завершения пленарного заседания и обеда в столовой, все участники на трех автобусах ЛАЗ (Львовского автобусного завода) были перевезены в пансионат Моршанской суконной фабрики, расположенный вблизи села Карели примерно в 10 километрах в сторону Шацка за Моршанском. Для студентов в этих автобусах места не хватило.

Вечером группа студентов в составе – Панков Б.В., Пономарев С.В., Писецкий А.Ф., Паньков А.К. – сели на рейсовый автобус Тамбов – Моршанск, при подъезде к автостанции г. Моршанска договорились с водителем, и он привез нас прямо к пансионату.

Выгрузив свои вещи, мы обратились к одному из работников пансионата: «Где мы можем поставить палатку?» Сотрудник пансионата показал рукой на отличный газон, на котором росла велико-

лепная трава высотой 70-80 см, и предложил здесь же (у входа в пансионат) на этом газоне поставить нашу палатку. Ни у кого из нас не поднялись руки на то, чтобы испортить такой красивый газон, и мы поставили палатку на территории сада примерно метрах в 70...80 от здания пансионата.

Проснувшись утром, мы направились на кухню и приступили к чистке картошки. К нашей радости, на третий день нас освободили от трудовой повинности на кухне. В итоге мы могли слушать лекции и утром и после обеда.

#### **Условия жизни и работы участников теплофизической школы**

Питание участников было организовано в столовой пансионата. На второй день и студентам был выделен стол, за которым мы в дальнейшем завтракали, обедали и ужинали.

#### **Условия для знакомства участников ВТФШ-1**

На второй день вечером был организован банкет, целью которого было (как я теперь это понимаю) предоставить возможность лекторам и участникам ВТФШ-1, приехавшим из различных республик и городов бывшего Советского союза, быстрее познакомиться друг с другом в неформальной обстановке.

Бригада художественной самодеятельности Моршанской суконной фабрики опаздывала. В результате участники теплофизической школы (которые уже на второй день стали называть себя «школьниками») успели произнести три или четыре тоста за успешную работу лекторов, за внимательных слушателей школы и др.

В этот момент из Моршанска прибыл автобус, и члены коллектива художественной самодеятельности стали устанавливать микрофон, подключать усилитель и колонки, доставать музыкальные инструменты, т.е. готовились к концерту. «Школьники» (успевшие оценить высокий уровень приема и гостеприимства, которые им были оказаны – дефицитные в то время пиво, водка, вино и продукты в буфете, красная рыба и осетрина в столовой) стали хлопать прибывшим участникам художественной самодеятельности еще до начала выступления.

Польщенный руководитель коллектива подошел к микрофону и улыбаясь сказал: «Ну что вы нам так аплодируете? Мы такие же простые люди, как и вы».

После этого наступила тишина, которая длилась около минуты, а затем раздался хохот, который я воспринял как оскорбительный. Помню, я опустил глаза вниз и не знал, как выйти из этого очень неловкого положения. Ситуацию спас ученый секретарь местного оргкомитета кандидат физико-математических наук, доцент кафедры физики ТИХМ Евгений Алексеевич Романов. Он подошел к микрофону, слегка постучал по нему и, дождавшись тишины, сказал в микрофон: «Вот вы сейчас слушаете, как

приехавшие к нам артисты поют, посмотрите - как они танцуют, и поймете, что они вам льстят».

Я до сих пор вспоминаю эту оскорбительную ситуацию и слова Е.А.Романова, которые помогли мне освободиться от чувства неловкости и стыда за некорректное поведение «школьников». На следующий день Лев Петрович Филиппов подошел к Е.А.Романову и выразил благодарность за сказанные им слова, позволившие выйти из возникшего неловкого положения.

В дальнейшем банкет и концерт проходили очень успешно, участники художественной самодеятельности великолепно пели и танцевали, а «школьники» искренне и от всей души им аплодировали.

Во время работы теплофизической школы все слушатели и мы (студенты) старались посещать все лекции. Скажу честно, я в то время не все понимал, о чем рассказывали лекторы, но этот первый в жизни опыт общения с выдающимися учеными-теплофизиками (пусть только в качестве слушателя лекций) несомненно был мне очень полезен.

Скорее всего мне повезло, т.к. на третий день работы ВТФШ-1 мне (после завершения работы по очистке картофеля на кухне столовой) удалось послушать лекцию Л.П. Филиппова, посвященную разработанным им методам периодического нагрева, предусматривающим измерение теплофизических свойств жидкостей в процессе пропускания переменного тока через полосу металлической фольги. К сожалению, в 1971 году (кроме присутствия на лекции) мне не пришлось разговаривать лично с Филипповым Л.П.

Наиболее близкое мое общение с Л.П.Филипповым и Н.Б.Варгафтиком произошло в городе Минске в 1978 году после сделанного мной доклада [4], посвященного применению методов ламинарного режима для измерения теплофизических свойств жидкостей (положенных в основу подготовленной мной к защите кандидатской диссертации, а в дальнейшем – и докторской диссертации). После заданных мне вопросов (по теме доклада) – в перерыве между секционными заседаниями Натан Борисович и Лев Петрович подошли ко мне и обсудили подробнее те моменты, которые вызвали у них интерес по результатам выполненной мной работы. Причем, после завершения работы конференции случилось так, что мы со Львом Петровичем Филипповым оказались в одном вагоне поезда Минск – Москва. Во время этой поездки мы с Филипповым Л.П. обсуждали возможность использования предложенных им методов периодического нагрева для измерения теплофизических свойств жидкостей в процессе их ламинарного течения. Кроме обсуждения чисто научных проблем, Льва Петровича интересовал вопрос: «Где Вы приобретаете автоматические регуляторы, используемые при автоматизации

теплофизических измерений?».

Этот вопрос был обусловлен тем, что в настоящее время практически любой прибор можно заказать и приобрести через интернет в течение одного-двух месяцев, а при необходимости – значительно быстрее. Совсем по-другому обстояло дело в те далекие времена. Для того, чтобы приобрести прибор или термостат – надо было разместить заказ через отдел снабжения организации, например, в январе-феврале текущего года, а получить заказ можно было только в середине или в конце следующего года.

На этот вопрос Л.П.Филиппова я ответил следующим образом: «Автоматические регуляторы и приборы мы обычно приобретаем на промышленных предприятиях г. Тамбова и Тамбовской области, при условии, что эти предприятия могут нам продать имеющиеся у них средства автоматизации». После ответа на вопрос я добавил, что многие приборы (используемые при разработке теплофизических средств измерений) были получены Тамбовским институтом химического машиностроения в Московском государственном университете им. М.В.Ломоносова в порядке передачи не востребованных на кафедрах материальных средств.

\* \* \*

Вторая (ВТФШ-2) и третья (ВТФШ-3) Всесоюзные теплофизические школы проходили в 1973 г. и в 1975 г. в летнее время в том же пансионате Моршанской суконной фабрики. В работе этих школ я участвовал в статусе аспиранта, мне уже не надо было чистить картошку на кухне, у меня были все возможности полностью посетить все лекции и мероприятия (в том числе и лекции д.ф.-м.н., профессора Л.П.Филиппова), теперь я уже лучше понимал содержание лекций и докладов, сам выступал со своими стендовыми сообщениями и устными докладами на секционных заседаниях.

В 1977-1983 гг. последующие Всесоюзные теплофизические школы (ВТФШ-4,...,ВТФШ-8) проходили в Одессе, Алма-Ате и других городах.

Начиная с 1988 года Всесоюзные теплофизические школы вновь стали проводиться на базе Тамбовского института химического машиностроения, позднее преобразованного в Тамбовский государственный технический университет.

Начиная с 1992 года теплофизические школы приобрели статус Международных теплофизических школ (МТФШ), т.к. после распада Советского союза бывшие советские социалистические республики стали независимыми государствами. Кроме того, впервые в работе школ приняли участие «школьники» из стран дальнего зарубежья, в частности, профессор Нью-Йоркского университета Thomas F. Irvine из США (позже совместно с ним в Нью-Йоркском издательстве BegellHouse, Inc была опубликована монография [5]), молодая ученая

Magda O. Sampaio из Португалии, профессор университета в г. Порто, бывшая аспирантка профессора NietodeCasto из Лиссабонского университета и др. Первая ... Седьмая МТФШ проводились на базе ТГТУ в 1992...2010 гг.

Восьмая, девятая и десятая Международные теплофизические школы были проведены в 2012, 2014 и в 2016 г. в городе Душанбе – столице Республики Таджикистан. Сопредседателями оргкомитета были ректор Таджикского технического университета профессор Абдурасулов А.А. и профессор Мищенко

С.В., заместителями председателя профессор Сафаров М.М. и профессор Пономарев С.В., Ученными секретарями доцент Зарипова М.А. и доцент ТГТУ Балабанов П.В.

В ноябре 2018 года очередная одиннадцатая Международная теплофизическая школа (МТФШ-11) была вновь проведена в городе Тамбове на базе ТГТУ.

История Всесоюзных и Международных теплофизических школ достаточно подробно рассмотрена в книге [6].

#### Список литературы

1. Филиппов Л.П. Измерение тепловых свойств твердых и жидких металлов при высоких температурах / Л.П.Филиппов. М.: Изд-во МГУ. 1967. 326 с.
2. Филиппов Л.П. Исследование теплопроводности жидкостей / Л.П.Филиппов. М.: Изд-во МГУ. 1970. 238 с.
3. Варгафтик Н.Б. Теплопроводность газов и жидкостей / Н.Б.Варгафтик, Л.П.Филиппов, А.А.Тарзиманов, Р.П.Юрчак. М.: Изд-во стандартов. 1970. 155 с.
4. Власов В.В. К вопросу о применении методов ламинарного режима для измерения теплофизических свойств жидкостей / В.В.Власов, М.В.Кулаков, С.В.Пonomарев, С.В.Мищенко // VI Всесоюзная конференция по теплофизическим свойствам веществ. 27-29 ноября 1978 г. Тезисы докладов: Минск ИТМО. 1978. С. 79-80.
5. Ponomarev S.V., Mishchenko S.V., Irvine T.F. Measurements of Thermophysical Properties by Laminar Flow Methods. New-York: Begell House Inc. 2001. 278 p. ISBN 1-56700-151-3.
6. Пономарев С.В. Записки профессора Тамбовского государственного технического университета: Изложение рассказов моих родственников, друзей, коллег по работе, знакомых и моих личных воспоминаний / С.В.Пonomарев. Санкт-Петербург: ООО «Издательский дом САТОРИ». 2016. 255 с. ([https://www.tstu.ru/general/tixm50/pdf/zap\\_prof\\_Ponomareva\\_foto\\_21.03.16.pdf](https://www.tstu.ru/general/tixm50/pdf/zap_prof_Ponomareva_foto_21.03.16.pdf)).

*Пономарев Сергей Васильевич  
доктор технических наук*

#### ПО СЕЙ ДЕНЬ РЯДОМ СО ЛЬВОМ (МОЙ ЛЕВ ПЕТРОВИЧ)

Летом этого 2020 г. исполнилось бы 95 лет физики Льву Петровичу Филиппову. И вчера моя младшая взрослая дочь спросила – мама, кто этот твой Лев Петрович, о котором ты так часто вспоминаешь и говоришь?

Конечно, он мой. Хотя, казалось бы. Я знала Льва Петровича... Нет, конечно, это не так.

Я была знакома со Львом Петровичем 7 лет. Последние 7 лет его жизни. Нас, по счастливой для меня случайности, свели рабочие интересы. Мы оба почти одновременно (в конце 70-х п.с.) вышли на одну и ту же молекулярную модель – сферических оболочек. И когда в Одессе в 1977 г. на Всесоюзной теплофизической школе (Лев Петрович был в числе ее организаторов, а меня командировали на школу как молодого энтузиаста компьютерных – машинных – методов исследования теплофизических свойств) мы оказались рядом, то говорили мы только о ней. Когда же Лев Петрович узнал о том, что я пишу программы и работаю на ЭЦВМ БЭСМ-4м, то в нем проснулся тот, чье имя он носил. Лев Петрович понял, что я могу пригодиться в том деле, которому он в данный момент отдавал душу (а также мозг и организм) и что меня надо привлекать как расчетчика. Поэтому разговор был такой – Дима

Толстунов, аспирант Льва Петровича из МГУ шлет мне данные, параметры для разных молекул, а я считаю свойства (методами МД и МК (молекулярной динамики и Монте-Карло)). Однако мне самой было гораздо интереснее заниматься как раз поиском способа расчета или обоснованного прогноза параметров ПСО (потенциала сферических оболочек), потому что в пионерских работах по ПСО приводились сведения о параметрах лишь немногих молекул, а сам ПСО рассматривался как обычно – межмолекулярный с подгоночными параметрами. А во мне уже тогда зрела мысль, которая стала в дальнейшем нитью Ариадны. Мысль простая. Надо искать достаточно простую модель многоатомной молекулы и пытаться найти ту наиболее общую ее характеристику, которая, проявляясь в характере взаимодействия, определяет свойства системы из таких объектов (МИФ – максимально информационно емкий фактор). Что полностью отображает ситуацию на уровне молекул, межмолекулярных взаимодействий (ММВ) и свойств веществ.

За прошедшее после нашего знакомства время мне удалось достаточно много – я вышла замуж, родила двух дочек (1981 г. и 1985 г.) и вышла на исходные позиции по модели оболочек [1-3]. Когда я лежала летом 1985 г. на сохранении в роддоме, я дописывала статью с тем, чтобы мысли мои не канули в Лету, если вдруг что случится... Эта статья была

послана Льву Петровичу, и он написал мне – что работа стоящая и что «если бы я мог, я бы ее представил». (это была вторая статья в ЖФХ, 1987 г. – она вышла, когда Льва Петровича не стало. Первая в ЖФХ вышла в 1985 г. Потом была еще одна – из той же серии, там же в 1988 г. В результате ПСО из разряда обычных потенциалов вышел и приобрел новый статус – модельного потенциала (МП), в котором параметры рассчитывались).

Итого – в моем активе в памяти – весьма скромная база данных о Л.П.Филиппове. Встреча в Одессе (наши разговоры о ПСО, вечерние прогулки Льва Петровича с другом В.П.Скриповым, кроме того, школа запомнилась трагическими обстоятельствами, связанными с ректором МГУ Рэмом Викторовичем Хохловым и его восхождением на пик Коммунизма). Один раз я была у Льва Петровича на кафедре в МГУ (правда, вид у меня был сильно простуженного или гриппующего человека – кашляющего и хлюпающего), там Лев Петрович разрешил мне отломать большой отросток с фирменного цветка, пока в кабинете было пусто. Его одобрительный отзыв о моей статье и работе. Проект Договора о совместной работе между МГУ И ИФ ДагФАН СССР (не состоялся из-за смерти Льва Петровича). Сюда же отнесу нашу дискуссию в письмах о правильности написания в разных падежах фамилии Леннард-Джонс. И такая милая сердцу мелочь. По запарке, простительной молодой мамаше, послала ЛП письмо с открыткой в незаклеенном конверте. И получила по почте незаклеенный конверт с пустой неподписанной открыткой. И еще. А вы знаете, Галина Георгиевна, как называется сладкая вата? – Флейшмак.

Так почему я до сих пор вспоминаю о Льве Петровиче и сожалею безмерно о его уходе?

Потому что мы – после стыковки и притирки – говорили бы на одном языке. Что за стыковка? Пришлось бы договариваться (а это дело непростое. Мне писала Р.М.Варущенко, химфак, МГУ, что их далеко продвинувшаяся совместная со Львом Петровичем работа не состоялась из-за его нежелания изменить позицию). Обязательно надо было бы договариваться и докапываться до истины по тем вопросам, на которые не удалось ответить Л.П.Филиппову и его ученикам. Мне представляется, что основной, но так и не заданный вопрос – почему, рассуждая в своих многочисленных работах о потенциалах, о глубине и ширине потенциальной ямы, он нигде не приводит оценок этого энергетического параметра, координаты точки потенциальной кривой (ПК), фиксирующей ее минимум? (Единственное доступное нам эмоциональное свидетельство – это автограф Льва Петровича: «величина??»), оставленный им на полях рукописи диссертационной работы его аспиранта Д.Толстунова в том месте, где по рассчитанному значению дисперсионной константы тот

оценивал значение параметра  $\varepsilon_m$  межмолекулярного потенциала и получил значение на порядок большее восстанавливаемого по второму вириальному коэффициенту). Почему дисперсионная константа, а не глубина ямы? Ответ на этот принципиальный вопрос был дан. Интересующихся читателей отослал к трем статьям [4-6], в которых был проведен подробный сравнительный анализ двух подходов к проблеме. Они были опубликованы мной накануне 90-летнего юбилея Л.П.Филиппова. В этом же журнале МНТ в 2014 г.

Отдельного разговора требует еще одна точка соприкосновения наших со Львом Петровичем поисков в области обоснованного прогноза. Для нас (ГГП) этот вопрос напрямую связан с координатами особых точек межмолекулярных кривых, т.е. с проявлением в характере ММВ наиболее общей характеристики модельной молекулы – ее МИФа, жесткости оболочки. Что касается работ Л.П.Филиппова по проблемам прогнозирования свойств веществ на основе идей теории подобия, то существенное место в них отводилось применению эмпирически установленной автором связи между критическим объемом  $V_c$  (в см<sup>3</sup>/моль) вещества и величиной, пропорциональной собственному объему молекул, которая имеет вид:

$$V_c = 0.792(d+\sigma)^3. \quad (1)$$

Величина  $d+\sigma$  рассматривалась как поперечник модельной молекулы (и измерялась в ангстремах). Соотношение (1) широко применялось в качестве основы расчетных алгоритмов. В монографии [7] указывается, что среднее квадратичное отклонение данных от формулы (1) для сотни веществ лишь немногим превышает процент. Приведем цитату из этой книги: **«Заслуживает внимания и требует объяснения тот факт, что при равных  $d+\sigma$  одинаковый критический объем имеют вещества с молекулами очень разной формы: и компактными сферически-симметричными, и вытянутыми, и существенно асимметричными. Это утверждение, конечно, должно иметь свой «уровень точности и в принципе нельзя думать, что более тонкие детали структуры вообще не сказываются на величине критического объема. Указанный «уровень точности» (один процент) однако довольно высок».**

Ставлю себе в заслугу то, что удалось сделать для этого важного в модели Льва Петровича соотношения в ходе исследования особых фундаментальных точек межмолекулярных кривых.

Нами в явное описание ПК ММВ была введена точка перегиба и установлена связь ее координат с критическими параметрами веществ – критическим объемом и критической температурой. Это позволило обосновать введение в рассмотрение силовой кривой (СК)  $-F(r) = -dU/dr$ . К параметрам модели

добавились координаты ее точки перегиба. Расчетами было установлено, что отношение двух энергетических параметров –  $\varepsilon$ -координат точек перегиба СК к ПК очень близко к величине 0.64. Учитывая, что координата  $\varepsilon_p^u$  связана с критической температурой (они равны), получаем соотношение, практически совпадающее с известным соотношением (или числом) Гульдберга, связывающим температуру кипения и критическую температуру

$$T_b/T_c = 0.64.$$

Очевидно, что  $r$ -координата СК и возможная связь ее с критическим объемом представляют не меньший интерес. Этот вопрос рассматривался нами в работе, название которой я здесь приведу «Об иерархии связей критического молярного объема веществ с эффективными собственными объемами молекул в особых точках межмолекулярных кривых». В ней было показано, что корреляция, выявленная между критическим молярным объемом  $V_c$  и элементарным критическим молекулярным объемом  $(r_p^u)^3$ , дала возможность выстроить иерархию связей между  $V_c$  и эффективными собственными объемами модельных объектов, соответствующих особым точкам ПК (нуль, минимум, перегиб):  $V_c = 2.87b(r_0) = 2.33b(r_m) = 1.91b(r_p^u)$ . (При конкретном прогнозе эти значения будут варьировать – в зависимости от значения фактора  $g_s$ ). Показано, что ряд может быть продолжен соотношением  $V_c = 1.51b(r_p^f)$  после введения в рассмотрение точки перегиба СК. Тщательный сравнительный анализ нового соотношения и того, что было получено и применялось Львом Петровичем, показал их совпадение. Такую форму после привлечения к анализу новой особой точки – точки перегиба силовой кривой  $F(r) = -dU/dr$  – принимает давно установленное Л.П.Филипповым эмпирическое соотношение вида  $1.08V_c^{1/3} = (d+r^*)$  (в

скобках – поперечник модельной молекулы, в Å).

Это означало, что, во-первых, в соотношении (1) Лев Петрович эмпирически (и благодаря интуиции) нащупал очередную особую точку межмолекулярных кривых – точку перегиба силовой кривой. Во-вторых, поскольку это фундаментальная точка, то соотношение (1), на котором базируются расчетные алгоритмы модели, существенно укрепляет их основы. И в-третьих, если для некоторых коллег изыскания Льва Петровича казались «слишком из области фантазии», установленный нами факт соответствия сильно увеличивал градус реализма.

Открываю монографию «Подобие свойств веществ» (ПСВ) (что касается моего собрания книг Л.П.Филиппова – ЗСС (Закон соответственных состояний) у меня с дарственной Галине Георгиевне, ПСВ – с дарственной Геннадии Викторовичу Степанову, у которого она была взята в начале 90-х на время и прижилась на моем рабочем столе, «синяя книга» 1988 г. была честно выменена у коллеги, еще одну умыкнула из библиотеки) и еще раз читаю последние страницы. Я думаю, что очень мало кто может оценить то, что там написано и с такой силой пожалеть о том, что написанное не осуществлено. Выполнить намеченное прямо по пунктам можно было в то время, поймав настрой молодых аспирантов Д.А.Толстунова и А.Д.Охочимского. Однако время упущено. И я не вижу тех, кто мог бы это выполнить сейчас, по происшествии 40 лет.

И да простят мне все, кто не стал продолжателем его дела, хоть и работал с ним когда-то. Наше знакомство было недолгим. У нас была одна цель. У каждого был свой путь. Льва Петровича не стало много лет назад. Как ни банально это звучит – остались его книги, а в них слова, которые он не боялся написать. Благодаря обстоятельствам, позволяющим мне это, я до сих пор иду своим путем. И все время ощущаю присутствие льва, который рядом.

#### Список литературы

1. Петрик Г.Г., Алибеков Б.Г. Связь потенциала сферической оболочки с потенциалом Ми (m-n). Критерий выбора индексов (m-n). Расчет параметров // ЖФХ. 1987. 61.5. С. 1228-1234.
2. Петрик Г.Г., Тодоровский Б.Е. Потенциал сферической оболочки. Общие соотношения между параметрами потенциалов взаимодействия свободных и связанных атомов // Журнал физической химии. 1988. 62. 12. С. 3257-3263.
3. Алибеков Б.Г., Петрик Г.Г., Гаджиева З.Р. Расчет параметров потенциала сферической оболочки молекул. Учет взаимодействий с центральным атомом // Журн. физ. хим. 1985. 59. №8. С. 1974-1978.
4. Петрик Г.Г. Анализ двух подходов к моделированию теплофизических свойств веществ на основе одной молекулярной модели. Ч.1. Выбор и обоснование модели сферических оболочек // Мониторинг. Наука и технологии. 2014. №1. С. 57-71.
5. Петрик Г.Г. Анализ двух подходов к моделированию теплофизических свойств веществ на основе одной молекулярной модели. Ч.2. Модель оболочек как наиболее оптимальная информационная модель // Мониторинг. наука и технологии. 2014. №2. С. 87-105.
6. Петрик Г.Г. Анализ двух подходов к моделированию теплофизических свойств веществ на основе одной молекулярной модели. Ч.3. Прогноз критической температуры // Мониторинг. Наука и технологии. 2014. №3. С. 70-81.
7. Филиппов Л.П. Подобие свойств веществ. М.: Изд-во Моск. Ун-та. 1978. 256 с.
8. Петрик Г.Г. Об иерархии связей критического молярного объема веществ с эффективными собственными объемами молекул в особых точках межмолекулярных кривых // Мониторинг. Наука и технологии. 2012. №4. С. 80-92.

*Петрик Галина Георгиевна  
кандидат физико-математических наук*