

ISSN 0869-5873

Том 94, Номер 12

Декабрь 2024



ВЕСТНИК РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК



НАУКА

— 1727 —

ЭТЮДЫ ОБ УЧЁНЫХ

ЭКСПЕРИМЕНТАТОР С ШИРОКИМ КРУГОМ ИНТЕРЕСОВ
К 90-ЛЕТИЮ СО ДНЯ РОЖДЕНИЯ АКАДЕМИКА Э.П. КРУГЛЯКОВА

© 2024 г. Л.Н. Вячеславов^{a,*}, А.Д. Хильченко^{a,***}, Н.И. Чхало^{b,***}

^aИнститут ядерной физики им. Г.И. Будкера СО РАН, Новосибирск, Россия

^bИнститут физики микроструктур РАН, Нижний Новгород, Россия

*E-mail: l.n.vyacheslavov@inp.nsk.su

**E-mail: A.D.Khilchenko@inp.nsk.su

***E-mail: chhalo@ipmras.ru

Поступила в редакцию 02.09.2024 г.

После доработки 19.09.2024 г.

Принята к публикации 11.11.2024 г.

22 октября 2024 г. выдающемуся физику-экспериментатору и общественному деятелю академику РАН Эдуарду Павловичу Круглякову исполнилось бы 90 лет. Он – первый председатель Комиссии РАН по борьбе с лженаукой и фальсификацией научных исследований, возглавлявший её с 1998 г. и до своей кончины. Широкой общественности Эдуард Павлович известен в основном благодаря активной гражданской позиции на посту председателя этого консультативного и экспертного органа РАН. Более узкий круг специалистов, работающих в области физики плазмы, хорошо знаком с основополагающими экспериментами и вкладом Э.П. Круглякова в развитие открытых магнитных систем для удержания горячей плазмы, а также с его инициативами, направленными на продвижение важных технологических и научных направлений исследования высокотемпературной плазмы. Об этих сторонах деятельности Эдуарда Павловича и пойдёт речь.

Ключевые слова: Э.П. Кругляков, Г.И. Будкер, Института ядерной физики (ИЯФ) Сибирского отделения АН СССР/РАН, физика плазмы, оптическая диагностика плазмы, лазеры, высокотемпературная плазма, цифровая электронника, многослойная рентгеновская оптика, лженаука, фальсификация научных исследований.

DOI: 10.31857/S0869587324120064, **EDN:** RIJMNW

ПУТЬ В НАУКУ¹

Э.П. Кругляков родился 22 октября 1934 г. в Краснодаре. В школу пошёл в Кировакане, куда в 1942 г. эвакуировали семью, но окончил её с золотой медалью в родном городе. В 1952 г. поступил в Московский физико-технический институт (МФТИ), получив в январе 1958 г. диплом по специальности “оптика и спектроскопия”. Год окончания МФТИ совпал по времени с созданием Института ядерной физики (ИЯФ) Сибирского отделения АН СССР

первоначально на базе лаборатории новых методов ускорения Института атомной энергии (ИАЭ, Москва), возглавляемой Г.И. Будкером. В феврале 1958 г. восемь выпускников МФТИ, среди которых оказался Кругляков, пригласили в ИАЭ для собеседования с директором-организатором ИЯФ Г.И. Будкером. После пятичасового экзамена в институт зачислили только Эдуарда Павловича – Э.П., как многие называли его потом. Сейчас, по прошествии многих лет, кажется, что яркие особенности Круглякова, его способность на лету схватывать суть проблемы и тут же предлагать её решение, часто необычное, иногда фантастическое, были свойственны и самому Будкеру. Впоследствии, зная судьбу семерых отвергнутых (среди них один член-корреспондент РАН и, по крайней мере, четыре доктора

¹ Разделы “Путь в науку”, “Оптическая диагностика плазмы”, “Физика открытых магнитных ловушек и высокотемпературной плазмы”, “Борьба с лженаукой и мракобесием” подготовлены Л.Н. Вячеславовым.

ВЯЧЕСЛАВОВ Леонид Николаевич – доктор физико-математических наук, главный научный сотрудник ИЯФ СО РАН. ХИЛЬЧЕНКО Александр Дмитриевич – доктор технических наук, главный научный сотрудник ИЯФ СО РАН. ЧХАЛО Николай Иванович – доктор физико-математических наук, заведующий отделом многослойной рентгеновской оптики ИФМ РАН.



Эдуард Павлович Кругляков (1934-2012)

физико-математических наук), Э.П. напомнил Гершу Ицковичу историю с экзаменом, заметив, что тот был неправ. Будкер согласился, но сказал: “Когда формируется команда, лучше упустить сильного, чем взять слабого”.

Как самый молодой из первых принятых в ИЯФ 25 человек, Эдуард Павлович начал с должности старшего лаборанта, а затем – младшего научного сотрудника. Весной 1961 г. институт перевели из Москвы в Новосибирск. В секторе, который возглавлял старший инженер Ю.Е. Нестерихин, Кругляков занимался оптической диагностикой плазмы. Кроме того, по предложению Будкера он включился в очень важное дело – подготовку молодёжных кадров для недавно образованного Новосибирского государственного университета, строившегося Института ядерной физики и других научных центров академгородка.

В 1961 г. председатель СО АН СССР М.А. Лаврентьев решил провести Всесибирскую физико-математическую олимпиаду и предложил возглавить это мероприятие Г.И. Будкеру, тот в свою очередь привлёк Круглякова и других своих сотрудников. После первого (заочного) этапа проводился второй – региональный, в нём кроме победителей заочного конкурса участвовали желающие из региона. Э.П. помогал проводить второй этап в дальневосточном регионе (Владивосток). После собеседования 250 победителей второго этапа пригласили в академгородок, где проходила Первая



Ужин с участниками Первой летней физико-математической школы. 1962 г.
Слева направо: Э.П. Кругляков, Г.И. Будкер, А.А. Берс

летняя физико-математическая школа. Председателем оргкомитета школы был член-корреспондент АН СССР Г.И. Будкер, а завучем – Э.П. Кругляков. Работа завуча была нелёгкой, но помогал энтузиазм, хотя иногда даже молодой организм подводил. Однажды Э.П. упал в голодный обморок – забыл поесть [1]. В январе 1963 г. учеников летней школы пригласили продолжить обучение в физико-математической школе академгородка. Сначала учебный научный центр работал неофициально, а в августе 1963 г. вышло постановление правительства об организации физматшкол в Новосибирске, Москве, Ленинграде и Киеве.

ОПТИЧЕСКАЯ ДИАГНОСТИКА ПЛАЗМЫ

С 1963 г. Кругляков сосредоточился на экспериментах, связанных с интерферометрией плазмы. Лазеры тогда не были доступны, и для интерферометрии быстропротекающих процессов, таких как импульсные плазменные разряды, использовали импульсные лампы, излучающие белый свет. При этом юстировку и выравнивание плеч интерферометра Майкельсона длиной в несколько метров нужно было проводить с точностью долей длины световой волны. Это весьма непростая задача для экспериментаторов, особенно при высоком уровнеibrаций установок с мощными разрядами в плазме.

Когда формировался новый институт, Будкер принял мудрое решение включить в его структуру кроме научной части мощные КБ и механические мастерские. Это способствовало созданию новых установок. Но оптических мастерских в институте не было, а Э.П. генерировал множество идей по разработке новых оптических диагностик плазмы с применением только появлявшихся лазеров. Развитие оптического участка в ИЯФ началось с приглашения в 1963 г. из Ленинграда Л.В. Анкудинова, специалиста в области оптических технологий. Э.П. с энтузиазмом взялся за эту работу, где проявились его умение видеть индивидуальные перспективы каждого нового сотрудника и способность заражать своим энтузиазмом. Уже в 1964 г. первый интерферометр с полем зрения 40 мм был установлен на коаксиальную пушку Маршала. В следующем 1965 г. заработала новая установка, моделирующая ударные волны, возникавшие при обтекании магнитосферы Земли солнечным ветром, на которой стоял интерферометр уже с полем зрения 250 мм и аппаратным искажением менее 0.1 длины волны. Его пластины были изготовлены на оптическом участке ИЯФ. Однородность оптической толщины по всему полю доводилась с помощью ручного ретуширования – тонкой подгонки локальной формы поверхности, что компенсировало внутреннюю неоднородность стекла.

Развитие лазеров и источников излучения шло одновременно с совершенствованием интерферометров. В начале 1960-х годов промышленного производства лазеров и лазерных компонентов, даже самых простых, не существовало. Э.П. приходилось самому заниматься созданием и настройкой гелий-неоновых, рубиновых и неодимовых лазеров. Дело облегчали механические мастерские и уже работавший оптический участок, где изготавливали высококачественные зеркала для лазеров с радиусами различной кривизны отражающей поверхности и прочным многослойным покрытием на любую заданную длину волны. Для модуляции добротности лазеров на рубине спроектировали и изготовили четвертьволновые ячейки Керра, в которых ключевым элементом был оптический клин, сделанный из исландского шпата. На основе лазерного резонатора со сферическими зеркалами Круглякову удалось получить квазинепрерывную беспичковую свободную генерацию лазера на основе рубина, что было необходимо для интерферометрии плазмы. Обычно свободная генерация таких лазеров состоит из хаотичных по времени и интенсивности пичков, что трудно использовать для исследования временных зависимостей быстропротекающих процессов. Лазеры с модуляцией добротности с помощью ячеек Керра генерировали импульсы излучения длительностью 20–30 нс, их в основном применяли для определения плотности и температуры плазмы методом томсоновского рассеяния (рассеяние фотонов малой энергии на электронах). В состав лазерной системы на рубине, как правило, входили генератор и один или два оптических усилителя.

Первые результаты использования этого метода в эксперименте появились в 1966 г. [2]. В том же году во время визита президента Франции де Голля в ИЯФ специалисты показали ему работу такого лазера: пробитая излучением лазера французская монета продемонстрировала мощь “самого первого в Азии, Африке и Австралии лазера”, как полушутя любил говорить гостям института Будкер. А если серьёзно, то мощные рубиновые лазеры, изготовленные в ИЯФ в конце 1960-х – начале 1970-х годов, имели вполне заводской вид благодаря большим подразделениям института – конструкторскому отделу, механическим мастерским и оптическому участку с квалифицированными кадрами, любимому детищу Э.П. Практически все термоядерные лаборатории тогдашнего СССР – ИАЭ им. И.В. Курчатова (Москва), Филиал ИАЭ (Троицк, Московская обл.), ФТИ АН СССР им. А.Ф. Иоффе и НИИЭФА им. Д.В. Ефремова (Ленинград), ХФТИ (Харьков), ИПФ АН СССР (Горький), СФТИ (Сухуми) – были оснащены лазерами на рубине, изготовленными в ИЯФ СО АН.

Исследования плазмы с помощью разработанного оборудования продолжались. В 1967–1968 гг. Э.П. Кругляков участвовал в изящном экспери-

менте, в ходе которого удалось зарегистрировать изображение рассеянного плазмой лазерного излучения при пересечении лазерным пучком фронта бесстолкновительной ударной волны. Это позволило получить мгновенное распределение плотности и электронной температуры плазмы вдоль одной из координат.

Из оригинальных диагностических разработок стоит упомянуть электронный прибор, созданный в 1964 г. Э.П. совместно с Ю.Е. Нестерихиным. Это была комбинация электронно-оптического преобразователя с отклоняющими пластинами и щелевой диафрагмой, за которой располагался электронный умножитель. Прибор мог регистрировать профили спектральных линий и позволял наблюдать их на экране осциллографа. Он получил популярность и на протяжении 30 с лишним лет выпускался промышленностью под названиями ЛИ-601 и ЛИ-602. Впоследствии, в 1986 г., за цикл работ “Создание методов диагностики и исследование высокотемпературной плазмы в физическом эксперименте” Эдуард Павлович и группа его коллег получили Государственную премию СССР.

ФИЗИКА ОТКРЫТЫХ МАГНИТНЫХ ЛОВУШЕК И ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНОЙ ПЛАЗМЫ

В 1967 г. Ю.Е. Нестерихина назначали директором Института автоматики и электрометрии СО АН СССР, и он пригласил Э.П. Круглякова своим заместителем. Однако Э.П. проработал там меньше года и снова вернулся в ИЯФ, который притягивал экспериментаторской активностью, скоростью генерации идей и возможностью их реализации. В институте к тому времени активизировали работы по мощным лазерам, обсуждали и начали проводить развивающие идеи Г.И. Будкера эксперименты по электронному охлаждению пучков тяжёлых частиц и открытым магнитным ловушкам для удержания плазмы. Эдуард Павлович не мог не принимать в этом участия.

В то же время, в 1968 г., в новосибирском академгородке произошло важное для специалистов в области горячей плазмы событие, по значению сравниваемое иногда с олимпийскими играми. Им стала Третья международная конференция по физике плазмы и управляемому термоядерному синтезу. На конференции, впервые проводившейся в нашей стране Международным агентством по атомной энергии (МАГАТЭ), были представлены впечатляющие результаты, полученные в Курчатовском институте на токамаке Т-3 – установке, принцип которой предложили в 1950-х годах И.Е. Тамм и А.Д. Сахаров. Достижения курчатовцев положили начало эпохе токамаков в мире физики высокотемпературной плазмы. Впоследствии этот поворот в изучении управляемого термоядерного

синтеза (УТС), сделавший направление токамаков основным, назвали “революционным”. Закрывавший конференцию Г.И. Будкер призвал мировое сообщество сосредоточиться на подготовке установок реакторного класса. Исследователи откликнулись на этот призыв, и уже на следующей конференции МАГАТЭ в Мэдисоне (США, 1971 г.) теме термоядерных реакторов впервые была посвящена отдельная сессия, а работам по токамакам, развернувшимся по всему миру, – два полных заседания.

Будкер считал, что экспериментаторам ИЯФ, работавшим в области физики плазмы, не имея хорошего задела, не стоит включаться в мировую гонку по развитию токамаков. Новые направления деятельности для плазмистов базировались на достижениях сотрудников института прошлых лет и идеях, выдвинутых командой теоретиков во главе с Д.Д. Рютовым, переехавшим из Москвы в ИЯФ с аспирантами В.В. Мирновым и Б.Н. Брейзманом. Первая идея состояла в усовершенствовании классической открытой ловушки, предложенной в 1950-х годах независимо Г.И. Будкером (СССР) и Р. Постом (США) при добавлении гофрировки магнитного поля. Такая многопробочная ловушка обещала значительно уменьшить продольные потери плазмы. Вторая идея состояла в использовании мощных электронных пучков для нагрева плазмы. Техника их получения достигла больших успехов в 1960-х годах, в том числе в ИЯФ. Две команды экспериментаторов взялись за дело.

Э.П. возглавил небольшой коллектив, работавший над проверкой идеи многопробочной ловушки. По инициативе Будкера в институте создали новую лабораторию во главе с Рютовым, Круглякова назначили его заместителем по экспериментальной части. Подготовка технического задания, подбор сотрудников, работа с конструктором, взаимодействие с мастерскими – эти проблемы легли на плечи Э.П., и он с энтузиазмом взялся за их решение. Организационная деятельность заняла меньше года, ближе к концу 1971 г. стали появляться первые детали новой установки, получившей название “Щегол” (щелочная гофрированная ловушка), а в декабре её уже собрали и подготовили к эксплуатации. Группа экспериментаторов состояла из четырёх человек. Кроме Эдуарда Павловича в ней входили аспирант Э.П. Валентин Данилов, научный сотрудник, специалист по электрическим зондам Евгений Шунько и механик Михаил Сомов. Группа трудилась с большим воодушевлением. Каждый раз, проходя мимо комнаты, где находилась установка, даже вечером, много позже официального окончания рабочего дня, я видел через всегда открытую дверь команду Э.П. в сборе. Некоторые детали этой важной и захватывающей работы описаны её участниками [3].

Относительно редкая и холодная щелочная плазма на установке не требовала любимых Кругляковым оптических методов диагностики, но он



Экскурсия американских учёных на оптический участок ИЯФ СО АН СССР. 1970 г.

прекрасно справлялся и с данными электрических зондов, которые разрабатывал, изготавливал и настраивал Евгений Шунько. Первые результаты по удержанию плазмы в гофрированном поле Э.П. доложил на семинаре плазменных лабораторий летом 1972 г. и на общеинститутском семинаре осенью того же года. Мероприятие получилось многолюдным и шумным. Часть специалистов возмутилась отсутствием демонстрации экспериментальных ошибок (“усов”) и поэтому усомнилась в некоторых данных. Дело в том, что в годы бурного развития физики плазмы, генерации новых проектов и нередкого отказа от уже испытанных идей ещё не сформировалась культура представления результатов экспериментов, давно принятая, например, в физике высоких энергий. Следует отметить, что и в работе конкурентов Э.П. из Калифорнийского университета в Беркли (США), опубликовавших свои результаты в “Physical Review Letters”, “усы” тоже отсутствовали. Первые экспериментальные достижения на установке “Щегол” были опубликованы в 1973 г. [4, с. 117–120, 562–574].

Институт продолжал развивать оптические методы диагностики, совершенствуя и расширяя оптический участок. Оптические диагностические могли помочь в работах по электронному охлаждению ионов, активно продвигавших оригинальную идею Г.И. Будкера. Исходно холодный электронный пучок важен в этом методе, поэтому Э.П. предложил использовать для измерения его температуры томсоновское рассеяние. В институте уже занимались этой проблемой. Работу по измерению температу-

ры стационарного электронного пучка с энергией электронов 100 кэВ с помощью томсоновского рассеяния вёл Александр Аврорин. После возвращения в ИЯФ Э.П. предложил мне, в то время его аспиранту, подключиться к ней.

Хотя первое наблюдение томсоновского рассеяния в мире осуществили как раз на электронном пучке в 1962 г. в Массачусетском технологическом институте (MIT, США), прецизионное измерение его температуры представляло серьёзную, ещё никем не решённую задачу. На оптическом участке для сбора рассеянного на электронах лазерного излучения изготовили два зеркала диаметром 600 мм (сферическое и коническое) и около сотни стеклянных дисков диаметром 300 мм и толщиной всего 0.3 мм. Эти уникальные изделия составляли важные компоненты системы сбора рассеянного излучения и были сделаны талантливыми механиками, получившими квалификацию оптиков непосредственно в институте.

Пока готовился этот эксперимент, в ИЯФ успешно осуществили проверку второй идеи команды Д.Д. Рютова – бесстолкновительный нагрев плазмы мощным электронным пучком. Результат, показавший эффективный нагрев, был доложен на следующей международной конференции по физике плазмы и УГС в Мэдисоне (США). Температура плазмы, оценённая по её диамагнетизму, как и на токамаке Т-3, лежала в диапазоне килоэлектронвольт. И хотя длительность нагрева составляла всего 50 нс, эксперимент привлёк международное внимание. Здесь следует отметить, что вслед за

упомянутой выше новосибирской конференцией по физике плазмы и управляемому ядерному синтезу 1968 г. возможность достижения высокой температуры плазмы в токамаке Т-3 уже в следующем, 1969 г., впечатляюще подтвердила методом томсоновского рассеяния команда из Центра термоядерной энергии в Калэме (Великобритания). После первых успешных результатов по нагреву плазмы сильноточным релятивистским электронным пучком подобные исследования продолжили в новосибирском Институте ядерной физики и за рубежом – в США, Чехословакии и Нидерландах. В ИЯФ новые плазменные установки с самого начала решили снабжать диагностикой томсоновского рассеяния, повсеместно признанного наиболее надёжным методом измерения локальной температуры и плотности электронной компоненты плазмы, уже развитым в институте благодаря усилиям Круглякова. С помощью этой методики решили проводить измерение температуры и плотности плазмы на новой установке ИНАР, и это стало моей основной работой. Мне помогал талантливый и энергичный инженер В.Ф. Жаров, которого Э.П. пригласил в лабораторию из механических мастерских.

Довольно скоро в экспериментах по нагреву плазмы электронным пучком выяснилось, что функция распределения нагретых электронов существенно неравновесная, не максвелловская, притом что в “хвостах” функции распределения содержалась основная энергия электронного пучка, переданная плазме. Эта ситуация радикально отличалась от токамаков, где функция распределения электронов была близка к равновесной, максвелловской, поэтому нам потребовалось существенно усложнить оптическую схему диагностики и увеличить мощность лазера. Все решения по развитию диагностики томсоновского рассеяния на установке ИНАР я принимал самостоятельно – такую возможность нам с В.Ф. Жаровым предоставили Э.П. Кругляков и руководитель работ на установке В.С. Койдан. Впоследствии я осознал эффективность этого подхода, обычного в институте, для роста самостоятельности и квалификации молодых специалистов. Важным также стало присутствие в коллективе института и лаборатории большого числа профессионалов разного профиля и дружеская рабочая обстановка, что позволяло консультироваться со знающими людьми и быстрее находить оптимальные решения постоянно возникавших проблем.

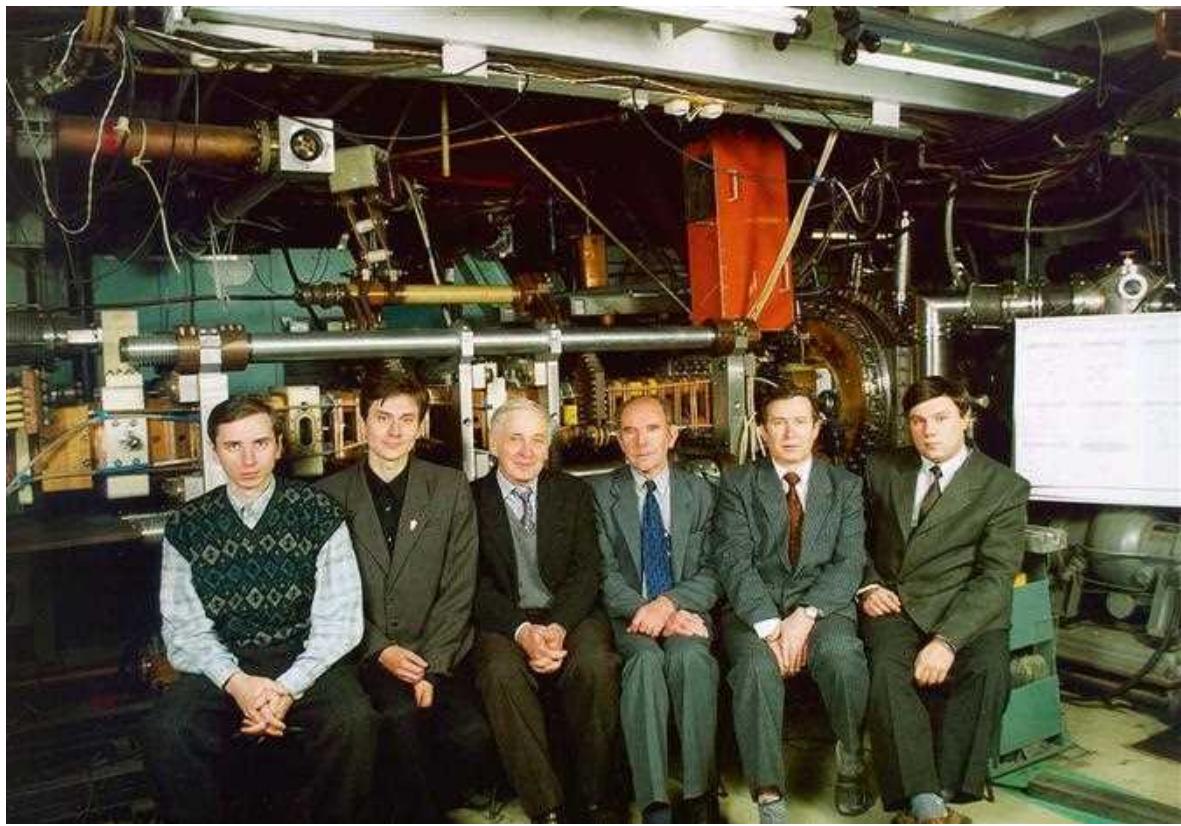
Тем временем эксперимент по многопробочно-му удержанию щелочной плазмы подходил к концу, и Эдуард Павлович уже в ходе него собрал команду и начал проектирование, а потом изготовление и монтаж установки следующего поколения – ГОЛ-1 (гофрированная ловушка). Здесь требовалась плазма с существенно большими плотностью и температурой и могли работать оптические методы диагностики, ранее развитые Э.П. Интерфе-

рометрией плазмы занялся В.С. Бурмасов, диагностикой томсоновского рассеяния – О.И. Мешков, представитель второго поколения научных работников, воспитанных школой Круглякова, пришедший в институт несколько позже.

Одновременно Э.П. инициировал ещё одно важное начинание в термоядерных исследованиях в СССР – цифровизацию сбора экспериментальных данных и управления экспериментальными установками (о чём дальше в специальном разделе будет сказано подробнее). На новой установке ГОЛ-1, как и на предыдущей, обнаружилось, что физика нагрева плазмы мощным релятивистским электронным пучком в магнитном поле очень непроста. При этом теоретических работ, описывающих этот случай подробно, тоже не было, хотя ранее много именитых теоретиков детально рассматривали более простой вариант взаимодействия электронного пучка с максвелловской плазмой в отсутствии магнитного поля.

Помню, как в начале 1986 г. в обеденное время в столовой мы обсуждали с Э.П. эту проблему. В ходе разговора возникла идея отдельного эксперимента по исследованию ленгмюровской турбулентности, которая специалистами считалась основным механизмом передачи энергии электронного пучка электронам плазмы. Естественным методом, близким нам обоим, представлялось томсоновское рассеяние. Длина волны лазера и угол рассеяния следовали из условия Брэгга–Вульфа, определяющего дифракцию излучения лазера на резонансных с электронным пучком ленгмюровских волнах. Для CO₂-лазера с длиной волны 10 мкм и достаточно плотной плазмой резонансный угол рассеяния оказался довольно малым – 0.5°, что значительно усложняло подавление так называемого “паразитного” рассеяния на деталях аппаратуры, интенсивность которого при таких углах ожидалась на много порядков больше полезного сигнала.

Кроме того, необходимая аппаратура среднего инфракрасного диапазона (мощный импульсный CO₂-лазер и детекторы рассеянного излучения) была не развита в ИЯФ, хотя другие физические институты СССР подходящие разработки имели. В то время ещё действовали советские методы технической взаимопомощи, когда с письмом от дирекции, начинающимся словами: “В порядке оказания технической помощи, прошу выделить нашему институту...”, можно было получить уникальное оборудование или технические документы совершенно бесплатно. Существовавшая в то время в видимой области спектра техника тройного монохроматора-спектрографа казалась мне слишком громоздкой и неэффективной для многоканальной регистрации полезного сигнала и эффективного подавления “паразитного” рассеяния. Я рассказал Эдуарду Павловичу о возникшей идее поискать подходящий газ с узкой линией поглощения, достаточную близкой к одной из сильных линий генерации



Команда научных работников, занятых исследованием ленгмюровской турбулентности, у экспериментальной установки. 2001 г.

Слева направо: И.В. Кандауров, С.С. Попов, Л.Н. Вячеславов, Э.П. Кругляков, В.С. Бурмасов, А.Л. Санин

CO_2 -лазера. Она показалась Э.П. разумной, и с его помощью я получил доступ и провёл примерно неделю в библиотеке соседнего Института органической химии, вручную перебирая бумажные листки картотеки спектров различных веществ. Удалось найти доступный газ — аммиак, узкая спектральная линия поглощения которого оказалась очень близкой к одной из линий излучения CO_2 -лазера. Кроме того, с помощью Круглякова удалось про-консультироваться у специалистов других организаций, создавших подходящие конструкции мощных импульсных CO_2 -лазеров, получить SiB-детекторы рассеянного излучения и чертежи криостатов для жидкого гелия, необходимые для работы детекторов. Изготовление и отладка аппаратуры заняли два года, в работу активно включились несколько молодых сотрудников. Так в плазменном отделе института начала формироваться школа оптиков, использовавшая наработки и опыт Круглякова. На фото выше представлена команда, выполнявшая исследования ленгмюровской турбулентности. Снимок сделан в 2001 г. и на нём нет важного участника работ Олега Мешкова, который после защиты кандидатской диссертации в 1997 г. перешёл в другую лабораторию. Следует отметить, что по результатам работ четверо участников команды защитили дис-

сертации, одна из которых докторская. Эдуард Павлович предоставил нам полную самостоятельность и подключался только когда возникали трудности, в частности организационные.

В 1986 г., одновременно с помощью в подготовке экспериментов по исследованию ленгмюровской турбулентности, Э.П. инициировал работы в новом направлении — развитии технологии многослойной рентгеновской оптики. Оптика, работавшая в диапазоне мягкого рентгена, где содержалась основная мощность электромагнитного излучения высокотемпературной плазмы, была очень востребована (развитие работ по многослойной рентгеновской оптике описано ниже в соответствующем разделе). Кроме того, в 1988 г. Э.П. Кругляков стал заместителем директора ИЯФ, курирующим все работы по плазме, что добавило ему забот, связанных с развитием открытых магнитных систем, диагностикой плазмы, включая источники диагностических нейтральных пучков. Главное, в сферу его ответственности вошло обеспечение финансирования продолжавшихся и новых работ в бурные годы перестройки. Тем не менее Эдуард Павлович находил время зайти и обсудить новости и проблемы, связанные с подготовкой и началом эксперимента

по исследованию ленгмюровской турбулентности. Они возникали постоянно, как это бывает в новых работах по физике и по технике, в частности, в оптике средневолнового инфракрасного диапазона 5–10 мкм, где приходилось осваивать перспективные технологии и материалы для многослойных покрытий и монолитных оптических элементов. Эти задачи обеспечивали работой оптический участок, за которым Э.П. продолжал внимательно следить и информировать научную общественность о его возможностях. С использованием оптики, изготовленной в ИЯФ, в институте прошли уникальные исследования: эксперименты по обнаружению несохранения чётности в атомных переходах, получению и использованию монохроматических поляризованных гамма-фотонов методом обратного комптоновского рассеяния. Были разработаны оптические диагностики электрон-позитронных пучков, создан и начал применяться в экспериментах мощный лазер на свободных электронах.

ЦИФРОВАЯ ЭЛЕКТРОНИКА²

В 1972 г. при распределении студентов третьего курса физико-технического факультета Новосибирского государственного технического университета на практику в лаборатории ИЯФ я попал в отдел физики плазмы и УТС. Моим первым руководителем стал Евгений Шунько, работавший в группе Э.П. Круглякова, которая проводила исследования по удержанию щелочной плазмы на прототипе многопробочкой магнитной ловушки “Щегол” [4, с. 117–120]. Основным инструментом для получения данных об эффективности продольного удержания плазмы в ловушке были ленгмюровские зонды, характеризовавшиеся малым уровнем выходных сигналов. Мне, как радиолюбителю, поручили разработку для них усилителей. Именно на этом этапе я познакомился с Эдуардом Павловичем – “Палычем”, как его иногда за глаза называли сотрудники. Кругляков потребовал от снабженцев обеспечить мои работы всем необходимым. Через день он отправил меня на приёмку радиодеталей, точнее – на разгрузку машины, наполовину заполненной упаковками транзисторов, диодов, ёмкостей и многим из того, с чем я даже не был знаком. В результате наша кладовка оказалась забитой до отказа, и мы пользовались её содержимым ещё много лет.

В тот период (1973–1974) под руководством Э.П. начались работы по сооружению установки ГОЛ-1, ориентированной на исследование механизмов нагрева плазмы релятивистским электронным пучком (РЭП) и её удержания в гофрированном магнитном поле. В рамках этих экспериментов предполагалось использовать достаточно широкий спектр диагностик. Импульсный режим работы

установки и малая длительность импульса (РЭП – 50–100 нс, ожидаемое время релаксации параметров плазмы – единицы микросекунд) предопределяли необходимость использования осциллографической методики регистрации данных, отягощённой большими трудозатратами. Понимая это как никто другой, Эдуард Павлович обратился за помощью к заведующему радиофизической лабораторией М.М. Карлинери. У него работала группа В.И. Нифонтова, занимавшаяся разработкой систем автоматизированного управления ускорительно-накопительными комплексами. В её составе была сформирована команда (аспирант Батраков, студенты Байбородин и откомандированный Э.П. на воспитание Хильченко), которой предстояло осваивать новую тематику – “цифровую” осциллографию.

Первый результат не заставил себя долго ждать. В 1975 г. был разработан 8-канальный регистратор на основе 8-разрядного аналого-цифрового преобразователя (АЦП) с частотой дискретизации 20 МГц, использовавшийся далее на установке ГОЛ-1 для фиксации характера поведения плотности плазмы [5]. Позже Эдуарду Павловичу удалось получить созданный группой В.М. Аульченко на основе трубок с диэлектрической мишенью многоканальный запоминающий осциллограф с полосой рабочих частот 0–100 МГц, способный оцифровывать изображение и передавать результаты вычислительной технике [6]. Эта аппаратура, а также разработанные позднее регистраторы серии “Импульс” (6- и 7-разрядные АЦП с частотой дискретизации 100 и 50 МГц) в стандарте КАМАК [7–9] стали ядром одной из первых в стране автоматизированных систем регистрации, сбора, архивирования и отображения экспериментальных данных (установка ГОЛ-1) [10]. Э.П. был не только инициатором, но и активным участником этих работ, оказывал неоценимую помощь как на этапах формирования технического задания, так и в ходе разработки и производства аппаратуры. По существу, он стал мотором процесса.

В 1976 г. в составе плазменных лабораторий Кругляков организовал группу сотрудников, ориентированную на создание аппаратуры и программных средств, необходимых для построения на действующих и сооружаемых в ИЯФ установках (ГОЛ-М, Амбал, ГОЛ-З, ГДЛ) полномасштабных систем автоматизации исследований в области физики плазмы и УТС [11–13]. Разработанная этой группой аппаратура имела рекордные для своего времени технические характеристики и использовалась не только на плазменных установках и ускорительно-накопительных комплексах ИЯФ, но и на других экспериментальных установках страны: токамаках Т-10 и Т-11 в Курчатовском институте и Троицком институте инновационных и термоядерных исследований, стеллараторе в Институте общей физики АН СССР, токамаке Глобус-М в Физико-техническом институте им. А.Ф. Иоффе, а также за рубежом на токамаке ТЕКСТОР в Германии, стеллараторе

² Рядом “Цифровая электроника” подготовлен А.Д. Хильченко.

LHD в Японии [14–16]. Некоторые приборы, в частности серия цифровых осциллографов семейства Ц91XX под индексами АЦП Ф4224–Ф4226, были освоены Чебоксарским ПО “Электроприбор” и стали первыми серийными устройствами в своём классе. В том же объединении на базе приборов ИЯФ серийно выпускали многоканальные измерительные комплексы ФК 4224 – ФК 4226, ставшие основой систем регистрации, сбора и обработки данных многих импульсных экспериментальных установок нашей страны и стран – членов СЭВ. Работа шла не без участия Э.П. Круглякова. На этапе становления команды он курировал сотрудников достаточно плотно, но, определяя направления развития и оказывая помощь, старался не вмешиваться в текущую деятельность. Со временем, когда “младенец” вырос из пелёнок, хватка Э.П. ослабла, и мы стали работать самостоятельно.

В период перестройки в силу разных обстоятельств мне пришлось возглавить профсоюзную организацию ИЯФ. В то тяжёлое для страны время на заседаниях руководства и учёных советов я мог со стороны наблюдать за работой научной дирекции, в состав которой входил Эдуард Павлович. Он предпринимал титанические усилия по добыванию средств для поддержки исследований по физике плазмы и УТС, своей активностью в обсуждениях и дискуссиях, настойчивостью и, самое главное, уверенностью в положительном результате заражал именитых и не очень именитых коллег, в непростой ситуации мог разрядить обстановку шуткой или очередным анекдотом. А анекдотов, как и его основной оппонент на этом поприще академик Г.И. Кулипанов, он знал множество. Во многом благодаря Э.П. плазменные лаборатории в тот период не только сохранили, но и преумножили кадровый состав. Что ещё можно сказать о Палыче? Доброжелательный, не без строгости, талантливый человек, эрудированный, любопытный, интересный. Открытый, простой в общении, непримиримый к чванству и различного рода шарлатанству и вранью. В общем, старший товарищ и Руководитель от бога.

МНОГОСЛОЙНАЯ РЕНТГЕНОВСКАЯ ОПТИКА³

Я появился в Институте ядерной физики СО АН СССР в 1981 г. в качестве студента-практиканта третьего курса физико-технического факультета Новосибирского электротехнического института. Наши преподаватели, стоявшие у истоков ИЯФ, рассказывали нам разные байки – поучительные истории, основанные на реальных событиях, происходивших в знаменитом институте. Они звучали так, что не влюбиться в ИЯФ было невозможно.

³ Раздел “Многослойная рентгеновская оптика” подготовлен Н.И. Чхало.

Запомнилась история о Г.И. Будкере. Выдвинутая им в начале 1960-х годов идея создания ускорителя (коллайдера) для столкновения в нём встречных пучков заряженных частиц тогда рассматривалась как невыполнимая. Нет такой вакуумной техники и культуры, чтобы осуществить эту идею, считали в академических кругах. Будкеру тем не менее удалось получить карт-бланш на её реализацию и доказать, что это не просто фантастика. Команда физиков под его руководством построила и запустила в 1963 г. коллайдер на встречных электронных пучках ВЭП-1, а уже в 1964 г. на нём зарегистрировали первые столкновения.

Я остановился на этом эпизоде потому, что он прекрасно иллюстрирует подход руководителя к работе, служит примером для подражания и источником вдохновения для коллег. Большие люди ищут не проблемы, стоящие на пути к достижению цели, а способы их решения. В основе такого подхода – преданность любимому делу, глубокая вера в себя и в единомышленников. Главной фигурой в институте Будкер считал научного работника, авторитет которого он всячески поднимал, опирался на него в реализации своих замыслов. Этими качествами всецело обладал Э.П. Кругляков.

Тогда я и мои коллеги думали, что Эдуарду Павловичу просто везло на людей. Но, скорее всего, мы тем самым старались приподнять себя в его глазах. А он действительно верил в нас, в нужный момент подталкивал, подсказывал направление и никогда не обвинял в неудачах. Всегда адекватно оценивал наши предложения и поддерживал, если видел в них рациональное зерно. Такое отношение к людям способствовало быстрому и качественному научному росту сотрудника и работало на осуществление идей Э.П., связанных с освоением и внедрением новых методик исследования плазмы.

История с многослойной рентгеновской оптикой – одна из ярких в научной биографии Круглякова. С начала 1980-х годов в литературе стали появляться сообщения о многослойных рентгеновских зеркалах, которые эффективно отражали как мягкое, так и жёсткое рентгеновское излучение. Помимо высоких (единицы–десятки процентов) коэффициентов отражения, зеркала обладали спектральной селективностью $\Delta\lambda/\lambda$ 1–5%. Оценки показывали, что это крайне перспективный рентгенооптический элемент для диагностики высокотемпературной плазмы. И тогда Эдуард Павлович решил освоить передовую технологию в ИЯФ.

Для её создания нужно было несколько составляющих: человек – лидер нового направления, высоковакуумная установка для напыления, лазер наносекундного класса с большой средней мощностью и возможности для метрологии коэффициентов отражения зеркал в широком диапазоне длин волн. Так как длина волны рентгеновского излучения на 2–3 порядка меньше, чем видимого, то во

столько же раз выросли требования к подложкам как по шероховатости, так и по точности формы. На тот момент знания о физике систем, состоящих из сверхтонких плёнок нанометровых и субнанометровых толщин и интерфейсов, практически отсутствовали. Возникла необходимость в соответствующих приборах и методах исследования их внутреннего строения. Таких систем в институте, а по многим позициям и в СССР не было. Но это не останавливало Э.П.

Не вдаваясь в подробности, отмечу: направление, стартовавшее в 1986 г., быстро продвигалось, уже к 1990 г. основные трудности удалось преодолеть и осуществить первые применения многослойных рентгеновских зеркал для диагностики плазмы [17, 18]. Причём эти результаты сразу заметили в мире. Так, немецкая компания “Цейс”, развивавшая технологию рентгеновской литографии в Европе, в 1992 г. проявила интерес к разработкам ИЯФ, её представители даже посетили нашу страну. С этого момента начались поставки за рубеж многослойных рентгеновских зеркал, фильтров для подавления длинноволнового излучения и спектрометров для диагностики плазмы [19–21].

В области рентгеновской спектроскопии определённый задел в стране был, в частности, к тому времени существовала методика получения неплохих по шероховатости подложек из монокристаллического кремния, применяемых в микроэлектронике, и стеклянных подложек на жидком олове (float glass). Однако криволинейных подложек требуемого качества, необходимых для создания изображающей оптики для мягкой рентгеновской микроскопии и литографии, в России не было. Эдуард Павлович инициировал технологические работы по созданию высокоточных, сверхгладких подложек. Для этого он с сотрудниками провёл глубокую модернизацию оптического участка ИЯФ и впервые предложил новый материал абразива – наноалмазы детонационной природы для глубокой шлифовки и полировки. Действительно, их применение позволило освоить технологию полировки плавленого кварца с рекордной ангстремной шероховатостью [22]. Уровень разработок ИЯФ можно оценить по факту использования подложек для напыления Mo/Si многослойных зеркал в Институте физики микроструктур (Нижний Новгород) и их поставок в Нидерланды для экспериментальных литографических систем в интересах компании ASML – единственного в мире производителя рентгеновских литографов.

Следует отметить, что Эдуард Павлович занимался не только прикладными работами. Под его руководством внедрены новые материалы для многослойных зеркал, методы диагностики микроструктуры плёнок и интерфейсов, впервые в РФ созданы многослойные дифракционные решётки [23–25].

Кругляков оказался весьма прозорливым человеком. Сейчас многослойные рентгеновские

зеркала широко применяют в различных областях науки и техники. Бизнес на их основе уже превысил 1 млрд долл. в год. Стремительный ход событий в этой области произошёл в том числе благодаря Э.П., который в начале пути придал импульс этим технологиям, что позволило России войти в пятёрку крупнейших в мире стран – разработчиков и производителей такой оптики, сформировать собственную программу развития рентгеновской литографии, изготавливать рентгеновскую оптику для синхротронов последнего поколения, термоядерных и нейтронных исследований. В те далёкие годы это было нашей мечтой, а сейчас стало реальностью.

БОРЬБА С ЛЖЕНАУКОЙ И МРАКОБЕСИЕМ

В 1990-е годы, когда государственное финансирование науки было сведено к минимуму, зарубежные заказы были элементами “этюдных”, как называл их Э.П., методов получения финансовых средств для исследований в ИЯФ. Для Эдуарда Павловича, заместителя директора, знавшего, сколько энергии приходилось затрачивать на обеспечение института бюджетными ресурсами, обескураживающими выглядели случаи финансирования проектов, с научной точки зрения бессмысленных.

Интересный разговор случился в 1991 г. за знаменитым “круглым столом” во время визита в ИЯФ Президента РФ Б.Н. Ельцина. Прослушав краткий рассказ Круглякова о работах по управляемому термоядерному синтезу, он спросил: “А энергию из камня извлечь можете?”. Последовал отрицательный ответ, после которого Борис Николаевич разочарованно заметил: “А мне докладывали, что это возможно”. Только находчивость сотрудников ИЯФ позволила с помощью шутки выйти из непростой ситуации и продолжить дискуссию в дружественной атмосфере. Позже председатель СО РАН В.А. Коптиюк рассказал Эдуарду Павловичу, что такая программа существовала и на её реализацию было заложено 120 млн руб. – более 60 млн долл. по тогдашнему коммерческому курсу Госбанка.

Проекты, противоречащие принципам науки, всегда возмущали Круглякова. Антинаучная активность особенно возросла в новой России, когда некоторые предпримчивые люди и журналисты воспользовались ослаблением контроля властей над средствами массовой информации для поднятия собственной популярности и получения материальной выгоды. В то время на главных телевизионных каналах и в основных СМИ стали регулярно выходить астрологические прогнозы, передачи экспрессенсов Кашпировского, Чумака и статьи о них, материалы о лекарственных препаратах с фантастическими свойствами.

Эдуарду Павловичу хватало времени только на сбор наиболее невежественных, но претенциозных материалов из СМИ. Возможность высказаться по



Визит Президента РФ Б.Н. Ельцина в ИЯФ. Сидят (слева направо): Э.П. Кругляков, В.А. Сидоров, Б.Н. Ельцин; стоят (слева направо): В.А. Коптюг, В.А. Ауслендер. 2 июля 1991 г.

Фото: В. Крюкова

этому вопросу появилась лишь в 1994 г., когда он попал в больницу в связи с двумя близкими по времени операциями. Э.П. попросил жену принести ему папку с вырезками примеров возмущившего его мракобесия и написал довольно большую статью под названием “Что же с нами происходит?” [26]. Сначала её опубликовали в небольших газетах новосибирского академгородка и в Москве, но скоро статья разошлась по 20 другим изданиям. Кругляков убедился в общественном интересе к разоблачению лженауки и мракобесия и в своей способности ярко и убедительно писать на эти темы. Однако возражать против публикаций в центральной прессе, рекламировавших лженаучные открытия, оказалось совсем не простым делом.

Характерный пример связан с публикацией в правительственной “Российской газете” статьи, восхвалявшей активистов торсионных полей, наблюдаемых, но якобы способных преобразить жизнь населения России. Попытки Э.П. опубликовать критическую статью наталкивались на активное сопротивление редактора раздела науки газеты. Не помогли и письма в редакцию академиков В.Л. Гинзбурга и Е.Б. Александрова. Подробно этот случай описан в книге [27]. Итогом стало постановление президиума РАН от 16 марта 1999 г. об утверждении состава Комиссии по борьбе с лженаукой и фальсификацией научных исследований и назначении Э.П. Круглякова её председателем.

Комиссия не получила финансирования или дополнительных инструментов воздействия, кроме возможности критиковать ненаучные теории и изобретения от имени научного сообщества. Первоначально такая критика проводилась в средствах массовой информации в форме интервью, чаще всего Эдуарда Павловича, и в его книгах [27–29]. С 2006 г. с периодичностью раз в полгода выходил бюллетень комиссии под названием “В защиту науки” под редакцией Круглякова. Эта деятельность требовала больших усилий и времени. Здесь пригодились энциклопедические знания Э.П. и быстрая ориентация в новых проблемах. Проявились и его гражданское мужество, и упорство в борьбе с авторами изобретений, противоречившими законам физики, но претендовавшими на солидное бюджетное финансирование.

Показательным примером может служить дело В.И. Петрика – “Петрикгейт”, как его окрестили в Интернете. Сверхактивный предприниматель с уголовным прошлым обзавёлся множеством влиятельных покровителей, среди которых особенно выделялся председатель Государственной думы Б.В. Грызлов. Петрик пытался продвинуть фильтры для очистки воды собственного производства в проект с огромной первоначальной стоимостью – 15 трлн руб. После активной общественной кампании с критикой Петрика и его “изобретений”, в значительной степени инициированной комиссией по борьбе с лженаукой и её бессменным председателем, от использования таких фильтров в проекте отказа-



Всегда быть впереди. Легкоатлетическая эстафета научных школ. Первыми на старт вышли академики Э.П. Кругляков и А.Н. Скринский. 18 мая 2008 г.

лись. В 2010 г. возмущённый “изобретатель” подал судебный иск к членам комиссии Э.П. Круглякову, В.Е. Захарову и Е.Б. Александрову о защите деловой репутации, а 23 марта 2012 г. Кировский районный суд Санкт-Петербурга постановил отказать Петрику в удовлетворении иска.

Э.П. уже серьёзно болел, но по его активности и энтузиазму этого не было заметно. Я давно отмечал отличную физическую форму Эдуарда Павловича. Помню, когда, оказавшись с ним в командировке в Польше, где обсуждалось использование лазеров в диагностике физического эксперимента, я с трудом поспевал за ним в переходах по Варшаве от одной организации к другой. Это меня удивило, поскольку я занимался бегом летом и лыжами зимой, но не знал за Э.П. подобных увлечений.

Внимание многих привлёк и ещё один случай. В 2008 г. праздновали 50-летний юбилей ИЯФ, среди прочих мероприятий устроили товарищескую эстафету научных школ академиков А.Н. Скринского и Э.П. Круглякова, в которой на первом этапе бежали сами академики. Скринский, известный в академгородке лыжник, занимался спортом. Временами я встречал его на лыжне, но всегда отставал, не мог долго держаться за ним. Так вот, на коротком, почти спринтерском этапе эстафеты 2008 г. Эдуард Павлович даже немного обогнал Александра Николаевича, и команда его школы пришла первой.

Таков был “гусарский” запал у Э.П., он всегда стремился быть победителем. Даже в последние тяжёлые месяцы своей болезни он обсуждал только

работу, проблемы плазменных установок в институте и формирование с членами редакционной коллегии очередного бюллетеня “В защиту науки”. Академик Е.Б. Александров, заменивший Э.П. на посту председателя Комиссии по лженауке, вспоминал: «За 10 дней до кончины Эдуард Павлович позвонил мне, беспокоился, почему задерживается выход последнего сборника “В защиту науки”. Работал истово, и от других того же требовал. Честно говоря, замену ему в комиссии найти будет очень трудно» [30].

* * *

Эдуард Павлович остался в памяти знавших его людей открытым, оптимистичным и энергичным человеком, не злопамятным, с добрым чувством юмора. Его мужество в противодействии псевдоучёным, часто имевшим поддержку властных покровителей, активная борьба за справедливое рассмотрение дела его ученика Валентина Данилова снискали уважение многих коллег. После почти 12 лет без Э.П. можно сказать, что Институт ядерной физики и лаборатории физики высокотемпературной плазмы работают устойчиво, многограничная ловушка стала важнейшим элементом в новом большом проекте открытой магнитной ловушки ГДМЛ, который готовится плазмистами ИЯФ СО РАН. Описанные в статье научные направления продолжают развиваться и пополняться молодыми кадрами.

С работой РАН по противодействию лженауке всё не так очевидно. Статус комиссии в РАН несколько раз менялся, а публикационная активность в послед-

ние годы заметно снизилась. В значительной степени деятельность комиссии держалась на активности её председателей академиков Э.П. Круглякова, а после его кончины – Е.Б. Александрова и на интересе к этой теме общества и средств массовой информации. Сейчас остро актуальны другие проблемы, что не означает отсутствие потребности в просветительской деятельности учёных, ориентированной на разные аудитории. Активная общественная деятельность Эдуарда Павловича Круглякова в борьбе с предрассудками, мракобесием и лженаукой может служить примером для новых поколений научных работников, которым важно участвовать в просвещении разных групп российского общества, выбирая актуальные темы и адекватные средства коммуникации.

ЛИТЕРАТУРА

- Гинзбург И.Ф. Воспоминания // Семь искусств. 2014. № 2–3(50).
- Ginzburg I.F. Memories // Seven Arts. 2014, no. 2–3(50). https://7iskusstv.com/2014/Nomer2_3/IGinzburg1.php?fbclid=IwZXh0bgNhZW0CMTAAAR2q3StZ5cJ9vHTroNfA3KM1Qkt6LjD72dycyPm5OB_TyMNIDvd3pogNvJ8_aem_z4f3UvPHP0Im-315ne1kCw (In Russ.)
- Долгов-Савельев Г.Г., Кругляков Э.П., Малиновский В.К. Эксперименты по рассеянию света рубинового лазера на плотной водородной плазме // Всесоюзная конференция по физике низкотемпературной плазмы. Тезисы докладов. Киев: Науко-думка, 1966. С. 44.
- Dolgov-Savel'ev G.G., Kruglyakov E.P., Malinovsky V.K. Experiments on the scattering of light from a ruby laser on dense hydrogen plasma // All-Union Conference on Low-Temperature Plasma Physics. Abstracts of reports. Kyiv: Naukova Dumka, 1966. P. 44. (In Russ.)
- Академик Э.П. Кругляков – учёный и гражданин / Отв. ред. академик Г.Н. Кулипанов. Омск: Омскбланкиздат, 2021.
- Academician E.P. Kruglyakov – scientist and citizen / Rep. ed. Academician G.N. Kulipanov. Omsk: Omsk-blankizdat, 2021. (In Russ.)
- Будкер Г.И., Данилов В.В., Кругляков Э.П. и др. Эксперименты по удержанию щелочной плазмы в гофрированном магнитном поле // Письма в ЖЭТФ. 1973. Т. 17. № 2. С. 117–120.
- Budker G.I., Danilov V.V., Kruglyakov E.P. et al. Experiments on the containment of an alkali plasma in a corrugated magnetic field // JETP letters. 1973, vol. 17, no. 2, pp. 117–120. (In Russ.)
- Байбордин С.И., Батраков А.М., Ниfonтов В.И., Хильченко А.Д. Многоканальная быстродействующая измерительная система для ввода данных в ЭВМ // Вопросы теории и проектирования преобразователей информации. Киев: РДЭНТП, 1975.
- Bayborodin S.I., Batrakov A.M., Nifontov V.I., Khilchenko A.D. Multichannel high-speed measuring system for data input into a computer // Questions of the theory and design of information converters. Kyiv: RDENTP, 1975. (In Russ.)
- Аульченко В.М., Коршунов Ю.В., Кутовенко В.Д. Цифровой осциллограф “Магнолия” // Приборы и техника эксперимента. 1978. № 5. С. 266. (In Russ.)
- Aulchenko V.M., Korshunov Yu.V., Kutovenko V.D. Digital oscilloscope “Magnolia” // Instruments and experimental equipment. 1978, no. 5, p. 266.
- Батраков А.М., Козак В.Р., Нифонтов В.И., Хильченко А.Д. Приборы для цифровой регистрации однократных импульсных сигналов // Автоматизация научных исследований на основе применения ЭВМ. Материалы Всесоюзной конференции, 9–11 июня 1977 г. Новосибирск: Изд-во Института автоматики и электрометрии СО АН СССР, 1977. С. 39–40.
- Batrakov A.M., Kozak V.R., Nifontov V.I., Khilchenko A.D. Devices for digital recording of single pulse signals // Automation of scientific research based on the use of computers. Proceedings of the All-Union Conference, June 9–11, 1977. Novosibirsk: Publishing house of the Institute of Automation and Electrometry, Siberian Branch of the USSR Academy of Sciences, 1977. Pp. 39–40. (In Russ.)
- Нифонтов В.И., Хильченко А.Д. Регистратор однократных импульсных сигналов “Импульс-А”. Препринт ИЯФ СО РАН. Новосибирск, 1979.
- Nifontov V.I., Khilchenko A.D. Single-pulse signal recorder “Impulse-A”. Preprint INP SB RAS. Novosibirsk, 1979. (In Russ.)
- Нифонтов В.И., Скорюпин А.А., Хильченко А.Д. Регистратор однократных импульсных сигналов “Импульс-Б”. Препринт ИЯФ СО РАН. Новосибирск, 1980.
- Nifontov V.I., Skoryupin A.A., Khilchenko A.D. Single-pulse signal recorder “Impulse-B”. Preprint INP SB RAS. Novosibirsk, 1980. (In Russ.)
- Аульченко В.М., Батраков А.М., Козак В.Р. и др. Система автоматизации эксперимента на термоядерной установке ГОЛ-1 // Автоматизация научных исследований на основе применения ЭВМ. Тезисы докладов Всесоюзной конференции, 11–13 июня 1979 г. Новосибирск: Изд-во Института автоматики и электрометрии СО АН СССР, 1979. С. 37.
- Aulchenko V.M., Batrakov A.M., Kozak V.R. et al. Automation system for the experiment at the GOL-1 thermonuclear facility // Automation of scientific research based on the use of computers. Abstracts of reports of the All-Union Conference, June 11–13, 1979. Novosibirsk: Publishing house of the Institute of Automation and Electrometry, Siberian Branch of the USSR Academy of Sciences, 1979. P. 37. (In Russ.)

11. Бурдаков А.В., Квашнин А.Н., Койдан В.С. и др. Система регистрации и сбора данных установки ГОЛ-3. Препринт ИЯФ СО РАН. Новосибирск, 2003.
Burdakov A.V., Kvashnin A.N., Koydan V.S. et al. Data recording and collection system of the GOL-3 facility. Preprint INP SB RAS. Novosibirsk, 2003. (In Russ.)
12. Белкин В.С., Карлинер В.М., Квашнин А.Н. и др. Структура, аппаратные и программные средства системы автоматизации установки АМБАЛ-М. Препринт ИЯФ СО РАН. Новосибирск, 1999.
Belkin V.S., Karliner V.M., Kvashnin A.N. et al. Structure, hardware and software of the automation system of the AMBAL-M facility. Preprint INP SB RAS. Novosibirsk, 1999. (In Russ.)
13. Степанов Д.Н., Шукаев А.Н., Баgрянский П.А. и др. Система автоматизации установки “Газодинамическая ловушка” // Приборы и техника эксперимента. 2004. № 2. С. 45–50.
Stepanov D.N., Shukaev A.N., Bagryansky P.A. et al. Automation system of the “Gas-dynamic trap” installation // Instruments and experimental equipment. 2004, no. 2, pp. 45–50. (In Russ.)
14. Vyacheslavov L.N., Zubarev P.V., Tanaka K. et al. Application of precise phase detector for density profile and Fluctuation measurements using CO /sub 2/ Imaging heterodyne interferometer on LHD // Rev. Sci. Instrum. 2006, vol. 77, no. 10, part 2, pp. 10E909-1-3.
15. Lisunov A., Bagryansky P., Khilchenko A. et al. Development of a multichannel dispersion interferometer at Textor // Rev. Sci. Instrum. 2008, vol. 79, no. 10, pp. 10E798–10E708-3.
16. Mitry M., Nicolai D., Khilchenko A. et al. Optimized plasma stabilization at TEXTOR with an advanced real-time digital control scheme // Fusion Eng. Des. 2009, vol. 84, no. 7–11, pp. 1329–1332.
17. Kruglyakov E.P., Fedorchenko M.V., Fedorov A.L., Chkhalo N.I. Multilayer Ti-Be-interference structures for ultrasoft X-ray radiation prepared by pulsed laser sputtering // Nucl. Instrum. Methods Phys. Res. 1991, vol. 308, no. 1–2, pp. 325–326.
18. Кругляков Э.П., Федорченко М.В., Чхало Н.И. Многослойные зеркала для мягкого рентгеновского излучения // Физика плазмы. 1992. Т. 18. № 4. С. 482–484.
Kruglyakov E.P., Fedorchenko M.V., Chkhalo N.I. Multilayer mirrors for soft X-ray radiation // Plasma Physics. 1992, vol. 18, no. 4, pp. 482–484. (In Russ.)
19. Renner O., Kopecky M., Krousky E. et al. Properties of laser-sputtered Ti/Be multilayers // Rev. Sci. Instrum. 1992, vol. 63, no. 1, pp. 1478–1481.
20. Carraro L., Puiatti M.E., Scarin P. et al. The ultra-soft X-ray multilayer mirror-based duochromator for the reverse field pinch experiment // Rev. Sci. Instrum. 1997, vol. 68, no. 1, pp. 1043–1046.
21. Chkhalo N.I., Kruglyakov E.P., Semenov E.P. Optimization of optical components of spectrometers based on multilayer mirrors for soft X-ray radiation // Plasma Devices and Operation. 1999, vol. 7, no. 2, pp. 123–132.
22. Chkhalo N.I., Fedorchenko M.V., Kruglyakov E.P. et al. Ultradispersed diamond powders of detonation nature for polishing X-ray mirrors // Nuclear Instruments and Methods in Physics Research. 1995, vol. 359, no. 1–2, pp. 155–156.
23. Chkhalo N.I., Fedorchenko M.V., Kovalenko N.V. et al. Status of X-ray mirror optics at the Siberian SR Centre // Nucl. Instrum. Methods Phys. Res. 1995, vol. 359, no. 1–2, pp. 121–126.
24. Chernov V.A., Chkhalo N.I., Fedorchenko M.V. et al. Structural Changes Study of Co/C and Ni/C Multilayers upon Annealing // Journal of X-Ray Science and Technology. 1995, vol. 5, no. 4, pp. 389–395.
25. Chernov V.A., Chkhalo N.I., Kovalenko N.V., Mytinenko S.V. Fabrication and performance characteristics of a Ni/C multilayer grating for hard X-rays // Nucl. Instrum. Methods Phys. Res. 1995, vol. 359, no. 1–2, pp. 138–140.
26. Кругляков Э.П. Что же с нами происходит? // Энергия-импульс. 1995. № 8. С. 4–5; № 9. С. 4–6. https://www.inp.nsk.su/images/pdf/journal/1995_08.pdf; https://www.inp.nsk.su/images/pdf/journal/1995_09.pdf
Kruglyakov E.P. What is happening to us? // Energy-impulse. 1995, no. 8, pp. 4–5; no. 9, pp. 4–6. (In Russ.)
27. Кругляков Э.П. “Учёные” с большой дороги. М.: Наука, 2002.
Kruglyakov E.P. “Scientists” from the Highway. Moscow: Nauka, 2002. (In Russ.)
28. Кругляков Э.П. “Учёные” с большой дороги-2. М.: Наука, 2005.
Kruglyakov E.P. “Scientists” from the Highway-2. Moscow: Nauka, 2005. (In Russ.)
29. Кругляков Э.П. “Учёные” с большой дороги-3. М.: Наука, 2009.
Kruglyakov E.P. “Scientists” from the Highway-3. Moscow: Nauka, 2009. (In Russ.)
30. Медведев Ю. На 79 году скончался академик РАН Эдуард Кругляков // Российская газета. Столичный выпуск. № 256(5929). 6 ноября 2012 г. <https://www.rg.ru/2012/11/06/kruglyakov-site.html>
Medvedev Yu. Academician of the Russian Academy of Sciences Eduard Kruglyakov passed away at the age of 79 // Rossiyskaya Gazeta. Stolichnyy vypusk, no. 256(5929), november 6, 2012. (In Russ.)
31. “О сколько нам открытий чудных” достанется после ликвидации комиссии по лженауке РАН. Интервью академику Е.Б. Александрова Ирине Багликовой. <https://www.ras.ru/digest/shownews.aspx?id=8730bc1c-d55c-4898-8c9a-001afdfde75f>
 “Oh, how many wonderful discoveries” will we get after the liquidation of the RAS commission on pseudoscience. Interview of academician E.B. Alexandrov with Irina Baglikova. (In Russ.)

EXPERIMENTATOR WITH A WIDE RANGE OF INTERESTS

*ON THE 90th ANNIVERSARY OF THE BIRTH OF ACADEMICIAN
E.P. KRUGLYAKOV*

L.N. Vyacheslavov^{a,*}, A.D. Khilchenko^{a,}, N.I. Chkhalo^{b,***}**

^a*Budker Institute of Nuclear Physics, Siberian Branch of Russian Academy of Sciences, Novosibirsk, Russia*

^b*Institute for Physics of Microstructures, Russian Academy of Sciences, Nizhny Novgorod, Russia*

**E-mail: l.n.vyacheslavov@inp.nsk.su*

***E-mail: A.D.Khilchenko@inp.nsk.su*

****E-mail: chkhalo@ipmras.ru*

On October 22, 2024, the outstanding experimental physicist and public figure, Academician of the Russian Academy of Sciences Eduard Pavlovich Kruglyakov would have turned 90 years old. He is the first chairman of the RAS Commission on Combating Pseudoscience and Falsification of Scientific Research, heading it from 1998 until his death. The general public knows Eduard Pavlovich mainly due to his active civic position as chairman of this advisory and expert body of the RAS. A narrower circle of specialists working in the field of plasma physics is well acquainted with the fundamental experiments and contribution of E.P. Kruglyakov to the development of open magnetic systems for confining hot plasma, as well as with his initiatives aimed at promoting important technological and scientific areas of high-temperature plasma research. These aspects of Eduard Pavlovich's activities will be discussed.

Keywords: E.P. Kruglyakov, G.I. Budker, Institute of Nuclear Physics (INP) of the Siberian Branch of the USSR Academy of Sciences/RAS, optical diagnostics of plasma, lasers, high-temperature plasma, digital electronics, multilayer X-ray optics, pseudoscience, falsification of scientific research.