

The background image shows a sunny day at Moscow State University. In the foreground, a bronze statue of Mikhail Lomonosov stands on a pedestal. Behind it are lush green trees and a bed of pink roses. The main building of the university is visible in the background, featuring its iconic towers and a clock tower with a blue face. A large, semi-transparent watermark of the Moscow State University physics logo is overlaid on the right side of the image. The text is centered in a semi-transparent grey box.

ЕЖЕГОДНИК ГАЗЕТЫ «СОВЕТСКИЙ ФИЗИК» 2021 год

МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
имени М.В. Ломоносова

**ЕЖЕГОДНИК ГАЗЕТЫ
«СОВЕТСКИЙ ФИЗИК»
2021 год**



Москва
Физический факультет МГУ им. М.В. Ломоносова
2022

Ежегодник газеты «Советский физик». 2021 год / Под ред. К.В. Показеева. — М.: Физический факультет МГУ имени М.В. Ломоносова, 2022. — 399 с.

ISBN 978-5-8279-0230-0

Сборник составлен из номеров газеты «Советский физик» — печатного органа Ученого совета, деканата и общественных организаций физического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова за 2021 год.

Издание предназначено для всех интересующихся жизнью и историей физического факультета Московского университета.

Рецензенты: профессор, доктор физ.-мат. наук заведующий отделением математики физического факультета МГУ А.Н. Боголюбов

профессор, доктор физ.-мат. наук заведующий кафедрой магнетизма физического факультета МГУ Н.С. Перов

ISBN 978-5-8279-0230-0

© Физический факультет МГУ им. М. В. Ломоносова, 2022

*Посвящается 270-летию
Московского университета!*

ДОРОГОЙ ЧИТАТЕЛЬ!

«Советский физик» - газета физического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова. С 1953 г. выпускается в настенном варианте, с 1998 г. в настенном, журнальном и электронном (<http://www.phys.msu.ru/rus/about/sovphys/>; <http://www.msu.ru/resources/msu-publ.html>) вариантах. По материалам газеты выпущен ряд сборников: «Советский физик», «Люди физфака», «Проблемы образования глазами «Советского физика», «Физфаковцы», «Физфаковцы и Великая Отечественная война», «Физфаковцы в комсомоле и ССО», «Советский сверхчеловек», «М.В. Ломоносов в «Советском физике»» и др.

Электронный архив газеты «Советский физик» за 1997–2018 гг. и тематические сборники размещены на (<https://www.phys.msu.ru/rus/about/sovphys/> и <https://cloud.mail.ru/public/7qu4/mTf4m752L>).

С 2018 начато издание Ежегодника «Советского физика», в который помещаются все материалы номеров газеты за год. При подготовке издания устраняются замеченные опечатки и ошибки.

Материалы Ежегодника представляют читателю прекрасную возможность ознакомиться с жизнью факультета.

Надеюсь, что издание «Ежегодник газеты «Советский физик». 2021 год» будет полезно всем интересующимся жизнью и историей физического факультета МГУ.

*Главный редактор «Советского физика»
профессор К.В. Показеев*

СОВЕТСКИЙ ФИЗИК

1(147)/2021
(январь–февраль)



ОРГАН УЧЕНОГО СОВЕТА, ДЕКАНАТА
И ОБЩЕСТВЕННЫХ ОРГАНИЗАЦИЙ
ФИЗИЧЕСКОГО ФАКУЛЬТЕТА МГУ
2021



**ПОЗДРАВЛЕНИЕ ДЕКАНА
ФИЗИЧЕСКОГО ФАКУЛЬТЕТА
ПРОФЕССОРА Н.Н. СЫСОЕВА С 8 МАРТА**

Дорогие и любимые женщины физического факультета!

От всего сердца поздравляю вас с Международным женским днём!

В этот весенний день хочу выразить искреннее восхищение вашей блистательной эрудицией, красотой, талантом и безупречными душевными качествами! Примите самые теплые поздравления!

Этот прекрасный день олицетворяет собой огромную любовь и уважение к прекрасной половине человечества. Вы украшаете наши трудовые будни, являясь при этом надёжными помощниками и высококлассными специалистами. Мы не представляем свою жизнь без вашей активной и плодотворной деятельности во всех ее сферах: научной, педагогической, учебно-методической, административной. Вас отличает глубокая преданность делу, всестороннее понимание решаемых задач и исключительная компетенция.

От лица нашего мужского коллектива желаю вам продолжать в полной мере реализовывать свой богатый профессиональный потенциал! Пусть накопленный жизненный опыт и мудрость помогут достичь вам новых высот в карьере и личной жизни! Огромного счастья, любви, благополучия и крепкого здоровья!



*Декан физического факультета МГУ
профессор Н.Н. СЫСОЕВ*



ПРОВЕРКА НА ПРОЧНОСТЬ – НЕКОТОРЫЕ ИТОГИ 2020 ГОДА

*Ученый Совет совместно с Профессорским собранием
физического факультета. 24 декабря 2020 г.*



Прошедший 2020 год поставил перед факультетом сложные и необычные задачи, которые потребовали напряженной работы администрации и всех служб и подразделений факультета. Сейчас уже можно сказать, что факультет с честью выдержал это испытание.

Так совпало, что юбилейная годовщина, 75-летие Победы в Великой Отечественной войне, пришлось на этот нелегкий год. Несмотря на пандемию и все связанные с эпидемией ограничения, факультет постарался достойно отметить этот великий праздник, используя все возможности. Как всегда, были возложены венки и цветы к памятнику погибшим физфаковцам, Мемориальной стеле МГУ.

Газета «Советский физик» подготовила специальный выпуск, посвященный Великой Отечественной войне, был выпущен сборник «Физфаковцы и Великая Отечественная война».

Работающим на факультете ветеранам войны и труженикам тыла ко Дню защитника Отечества и Дню Победы выплачены премии и переданы подарочные наборы.



Профкомом студентов и Студенческим советом физического факультета в дистанционном формате проведены акция «Бессмертный полк», а также беседы по истории Великой Отечественной войны.

Самые большие трудности в уходящем году выпали на долю организаторов и участников учебного процесса. Главные события в жизни факультета – это прием студентов и выпуск дипломников.

Немوتря на пандемию, в 2020 году была проведена активная работа со школьниками:

- Видеоконференции со школьниками
- Олимпиады школьников (3 провели сами, в 3 участвуем)
- За семестр проведено 6 лекций Университетских суббот
- Университетские среды – это мастер классы для учителей
- Проведена работа с одарёнными детьми (Всероссийская олимпиада, Сириус)

Большая, серьезная и постоянная работа со школьниками позволяет поддерживать конкурс на достаточно высоком уровне. Количество поданных заявлений выросло по сравнению с прошлым спокойным годом.

Поступивших без вступительных испытаний стало почти в полтора раза больше и больше стало абитуриентов, поступивших с льготами по олимпиадам.

Половина абитуриентов получила оценку более 92 баллов за ЕГЭ по физике, средний балл составил 93 балла.



Средние баллы за школьные ЕГЭ и ДВИ у зачисленных в 2020 году

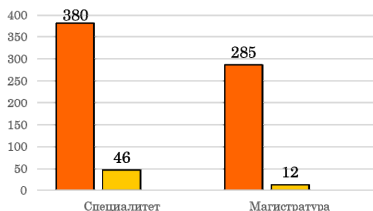


* Для поступивших без экзаменов 93, для поступивших по конкурсу 88

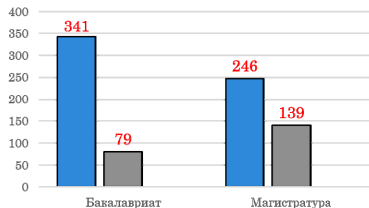
По итогам приемной кампании 2020 года 380 студентов зачислено на 1 курс специалитета и 285 ребят поступило в магистратуру. На контрактное обучение поступило почти 60 абитуриентов.

Хочу отметить, что этот год — первый, когда мы вернулись к 6-летнему специалитету.

Соотношение общего числа абитуриентов, поступивших на бюджетную и контрактную форму обучения



Общее количество выпускников и число выпускников, получивших диплом с отличием



Результаты сдачи сессии по предметам ИГА (Государственный экзамен)

Уровень подготовки	В том числе сдали на:				
	Сдали	ОТЛ	ХОР	УДОВЛ	НЕУД
Бакалавры	344	271	67	6	0
Магистры	246	220	22	4	0
Специалисты	18	10	7	1	0

Каждый год факультет выпускает сотни студентов, из них примерно 25% выпускников получают диплом с отличием. На графике показано общее число выпускников и выпускников с красными дипломами (с отличием).

Независимо от того, что в этом году мы были вынуждены прибегнуть к дистанционному образованию, большинство выпускников продемонстрировали хороший уровень подготовки на экзаменах. Более 70% выпускников сдали экзамены на отлично.

В аспирантуру в этом году мы зачислили 98 человек. Подавляющее большинство (порядка 96%) поступающих – выпускники факультета.



Анализ показал, что статистика оценок на вступительных испытаниях улучшилась по сравнению с прошлым годом, подавляющее большинство получили оценки «хорошо» и «отлично». Удовлетворительные оценки на кандидатских экзаменах были получены в основном по специальности.

На факультете в среднем обучается 280 аспирантов. Выпустилось в этом году 84 молодых ученых. Всего защищено 16 кандидатских диссертаций в советах МГУ.01.01, МГУ.01.04, МГУ.01.06, МГУ.01.08, МГУ.01.13, МГУ.01.18 и 1 докторская диссертация (А.И. Орешкин, с.н.с каф. кв. элект.).

За 2020 год сотрудниками факультета опубликовано свыше 2400 работ, из которых четверть – публикации в престижных международных журналах ТОП-25. Видно, что ежегодно публикационная активность факультета возрастает.

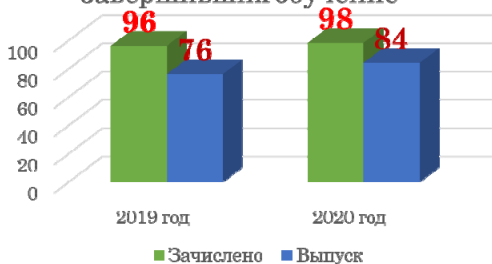
В этом году факультет участвует в проведении 331 внебюджетной работе разного уровня финансирования.

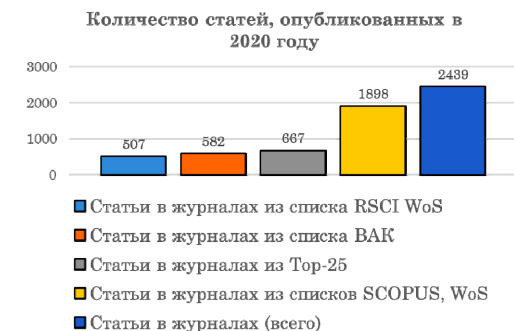
В настоящее время еще полностью не подведены итоги, но к концу года планируется за проведение различных НИР и ОКРов получить финансирование порядка 1,3 миллиарда рублей.

В этом году выделена субсидия в размере 73 396 995 руб на обновление приборной базы в рамках Федерального проекта «Развитие передовой инфраструктуры для проведения исследований и разработок в Российской Федерации» национального проекта «Наука». Готовится заявка на научное оборудование на 2021 год.

Несколько слов об учебно-научных программах МГУ, в которых участвует наш факультет.

Соотношение общего числа аспирантов, поступивших и завершивших обучение





Это междисциплинарные научно-образовательные школы, физфак принимает участие в 4 школах, которые выиграли конкурс:

Мозг, когнитивные системы, искусственный интеллект (Отделение прикладной математики)

Фундаментальные и прикладные исследования космоса (Отделение экспериментальной и теоретической физики, Отделение ядерной физики)

Будущее планеты и глобальные изменения окружающей среды (Отделение геофизики)

Фотонные и квантовые технологии. Цифровая медицина (Отделение экспериментальной и теоретической физики, Отделение физики твердого тела, Отделение радиофизики и электроники, Отделение ядерной физики)

Число сотрудников факультета, принимающих участие в этих школах, более 250 человек.

В школе «Фотонные и квантовые технологии. Цифровая медицина» участвует помимо физического факультета, факультет фундаментальной медицины, и МНОЦ МГУ.

В проекте школы было представлено более 50 разработок в области медицинской физики. Финансирование в этом году составило 43,5 миллионов рублей.

Хочется отметить несколько научных направлений, которые развиваются в рамках этой школы.

Это искусственный интеллект и микроэлектроника.

В области искусственного интеллекта созданы и читаются два курса лекций для студентов и аспирантов, это: 1) нейронные сети и их применение в научных исследованиях; 2) машинное обучение и искусственные нейронные сети.

Получены первые уникальные выдающиеся результаты по внедрению этих технологий в реальные изделия.



Скорость передачи информации в системе тропосферной связи удалось повысить от 2 Мбит/сек. до 50 Мбит/сек., с которой работают современные системы связи, то есть в 25 раз.

Активно продолжил работу Центр квантовых технологий, созданный ректором МГУ академиком В.А. Садовничим в феврале 2018 года в связи с победой МГУ в конкурсе поддержки Центров компетенции РФ по сквозной технологии "квантовые технологии".

Сегодня МГУ – единственная организация в России, где функционирует два центра НТИ: Центр квантовых технологий и Центр по большому данным.

В штат Центра входит более 150 научных сотрудников, преподавателей, инженеров и менеджеров. Научный руководитель - профессор физического факультета Сергей Павлович Кулик.

Основные задачи Центра:

I. Создание технологий и элементной базы в следующих областях:

Квантовые коммуникации

Квантовые вычисления

Сенсоры на основе квантовых технологий

II. Запуск образовательных программ:

1) запуск трех образовательных программ, ориентированных на подготовку специалистов широкого профиля в области прикладных квантовых технологий («Квантовая криптография и квантовая связь»; «Квантовые вычисления» и «Квантовые оптические технологии»);

2) запуск системы дополнительного образования для повышения квалификации работников технологических предприятий, заинтересованных во внедрении квантовых технологий;

3) запуск системы онлайн-образования по квантовым технологиям для максимально широкого круга слушателей.

В научно-практическом плане за два года в Центре реализовано три крупных научных проекта, на выходе которых реальные продукты, готовые к коммерциализации – магистральный шифратор QUANDOR на основе квантового распределения ключей, «квантовый телефон» QUANTEL – устройство, в котором текстовые файлы, речь и изображения шифруются «квантовыми ключами», и квантовый генератор случайных чисел. Все эти устройства проходят сертификацию и в 2021 году будут выведены на рынок. Основной промышленный партнер – компания ИнфоТеКС.

В этом году проведение и участие в научных конференциях было ограничено, по понятным причинам.



Наша традиционная Международная научная конференция студентов, аспирантов и молодых ученых «Ломоносов-2020» прошла дистанционно.

На участие в работе секции «Физика» было подано 993 заявки, из них – 848 заявок от авторов докладов. 66 заявок от авторов докладов по решению экспертного совета секции были отклонены. Все остальные заявки были приняты.

Всего было проведено 52 заседания, на которых авторы представили 430 докладов. По решению экспертов среди докладчиков были выбраны 57 авторов лучших докладов, которых наградили грамотами за лучший доклад.

Независимо от условий пандемии, мы активно работали со студентами. Проведены традиционные Студенческие олимпиады по физике и математике, «День физика», Псевдонаучная конференция, Фестиваль первокурсника, Благотворительная ярмарка в дистанционном виде.

В комбинированном формате организованы: «Посвящение в студенты первого курса», Спартакиада первокурсников, Студенческий творческий фестиваль «Первый снег», конкурс «Студенческий лидер», турнир поэтов и др.

С апреля по июнь более 50 студентов и аспирантов физфака работали на «горячей линии» факультета, в волонтерском центре МГУ (доставка сотрудникам продуктовых наборов и лекарств), в общежитии (доставка питания изолированным студентам, санитарная обработка общежития).

Огромная благодарность нашим сотрудникам и общественным студенческим организациям, которые в это тяжелое время провели огромную работу и с первокурсниками, и со студентами старших курсов.

 ВИРТУАЛЬНЫЙ ДЕНЬ ФИЗИКА 23 мая 2020	
12:30	ВИРТУАЛЬНЫЕ КОНКУРСЫ КВИЗ TIME-LINE ОТКРЫТИЕ Сergey и Татьяна Никитины «О Дне Архимеда»
13:00	
13:30	
14:30	
15:00	НАУКА НАУЧНЫЙ РИНГ 15:40 Феликс Студенкин 16:20 Александр Прохоров ПОЗДРАВЛЕНИЯ УЧЕНЫХ В.Ф. Бутузов Кип Торн А.М. Черепашук В.А. Рубаков и многие другие
15:30	
16:00	
17:00	
17:30	ГОСТИ ГОСТЕВОЙ КОНЦЕРТ ВТО, МАИ, ВГУ, ННГУ, МГУ, СПбГУ, МФТИ ПОЗДРАВЛЕНИЯ МУЗЫКАЛЬНЫХ ГРУПП Градусы, Ногу Свело, Кренаторий, Пилот и другие
18:50	
19:00	
20:00	
21:00	ЗАКРЫТИЕ



Сердечно поздравляем наших сотрудников с заслуженными наградами.

Черепашука Анатолия Михайловича — с Орденом Александра Невского

Сажина Михаила Васильевича — с Премией имени И.С. Шкловского

Богацкую Анну Викторовну — с Премией на конкурсе научных работ им. акад. Вернова

Рубакова Валерия Анатольевича — с Гамбургская премией по теоретической физике

Тимохина Максима Юрьевича — с Золотой медалью РАН для молодых ученых России за лучшие научные работы

Базыленко Валерия Андреевича — с Гран-при IFIA&WIPO за лучшее изобретение на международной выставке в Силиконовой Долине (Всемирная Организация Интеллектуальной Собственности при ООН),

Якуту Алексея Александровича — с Грантом Правительства Москвы в сфере образования по итогам 2019-2020 уч. г.

Решением Ученого совета МГУ премия имени М.В. Ломоносова за педагогическую деятельность присуждена Олегу Владимировичу Руденко.

Звание «Заслуженный профессор МГУ» получили:

Профессор кафедры магнетизма Прудников Валерий Николаевич

Профессор кафедры квантовой электроники Виктор Владимирович Фадеев

Звание «Заслуженный преподаватель МГУ» получили

Доцент кафедры экспериментальной астрономии Владимир Георгиевич Сурдин

Доцент кафедры небесной механики, астрометрии и гравиметрии Геннадий Иванович Ширмин

Звание «Заслуженный работник МГУ» получила

Ведущий инженер кафедры общей физики Тамара Иосифовна Малова

Сердечно поздравляем сотрудников факультета с высшими наградами университета!



Награды аспирантов и студентов физического факультета.

Поздравляем Петросяна Сурена Арутюновича — аспиранта каф. фотоники и физики микроволн, Коннову Елену Олеговну, магистранта каф. акустики, Синченко Семёна Александровича, аспиранта каф. твердого тела, Пономарчук Екатерину Максимовну аспиранта каф. акустики, Чу-



пову Дарью Дмитриевну, магистранта каф. акустики и Асфандиярова Шамяля Альбертовича, аспиранта каф. акустики.

Physics & Astronomy			
# RANK		OVERALL SCORE	EMPLOYER REPUTATION
2020	Uni Search		
1	Massachusetts Institute of Technology (MIT)	98.9	100
2	Harvard University	97.4	99.9
3	University of Cambridge	96.2	97.9
4	Stanford University	97.5	97.4
5	University of Oxford	95.5	96.9
6	Lomonosov Moscow State University	83.1	92.9
7	California Institute of Technology (Caltech)	93.7	92.8

Рейтинги

По версии QS World University Rankings by Subject по направлению «Физика и астрономия» в 2020 году мы заняли 33 место. В России мы заняли самую высокую позицию. Хочу отметить, что по критерию востребованности выпускников в области физики и астрономии мы заняли шестое место в мире. На пятом месте идет Оксфордский университет, а на седьмом — Калифорнийский университет.

В рейтинге лучших университетов мира U.S. News по направлению «Физика» мы заняли 16-е место.

По показателю «количество публикаций» мы расположились на 7-м месте в мире.



	Harvard University United States Cambridge (US) #4 in Best Universities for Physics #1 in Best Global Universities READ MORE	SUBJECT SCORE 94.9 GLOBAL SCORE 100.0 ENROLLMENT 21,261
	University of Maryland--College Park United States College Park #14 in Best Universities for Physics #10 in Best Global Universities (tie) READ MORE	SUBJECT SCORE 85.8 GLOBAL SCORE 74.1 ENROLLMENT 30,671
	Sorbonne Université France Paris #15 in Best Universities for Physics #43 in Best Global Universities (tie) READ MORE	SUBJECT SCORE 86.5 GLOBAL SCORE 75.7 ENROLLMENT 43,585
	M. V. Lomonosov Moscow State University Russia Moscow (Russia) #16 in Best Universities for Physics #285 in Best Global Universities (tie) READ MORE	SUBJECT SCORE 85.2 GLOBAL SCORE 58.6 ENROLLMENT N/A
	University of Washington United States Seattle #17 in Best Universities for Physics (tie) #8 in Best Global Universities READ MORE	SUBJECT SCORE 85.1 GLOBAL SCORE 86.0 ENROLLMENT 46,266
	Yale University United States New Haven #17 in Best Universities for Physics (tie) #11 in Best Global Universities (tie) READ MORE	SUBJECT SCORE 85.1 GLOBAL SCORE 85.0 ENROLLMENT 12,910

Еще одно наше важное достижение — это первое место по количеству публикаций и тридцать процентов от всех публикаций МГУ в журналах ТОП-25.

Наступил 2021 год, мы все надеемся на перемены к лучшему. Опыт, полученный за год пандемии остается с нами и поможет нам достойно встретить новые задачи и вызовы современности.

*Декан физического
факультета МГУ
имени М.В. Ломоносова
профессор Н.Н. Сысоев*



**АЛЕКСЕЙ РЕМОВИЧ ХОХЛОВ
НАГРАЖДЕН ОРДЕНОМ ПОЧЕТА**



Указом Президента Российской Федерации № 815 от 28 декабря 2020 года за "Заслуги в научно-педагогической деятельности, подготовке квалифицированных специалистов и многолетнюю добросовестную работу" орденом Почета награжден заведующий кафедрой физики полимеров и кристаллов Алексей Ремович Хохлов.

Сердечно поздравляем с высокой государственной наградой!

Пресс-служба физического факультета МГУ



**ВЛАДИМИР АЛЕКСАНДРОВИЧ КАРАВАЕВ
УДОСТОЕН ЗВАНИЕМ "ЗАСЛУЖЕННЫЙ РАБОТНИК
ВЫСШЕЙ ШКОЛЫ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ"**



"Указом Президента Российской Федерации № 815 от 28 декабря 2020 года почётным званием "Заслуженный работник высшей школы Российской Федерации" удостоен профессор кафедры общей физики физического факультета Владимир Александрович Караваяев!"

Сердечно поздравляем с высокой государственной наградой!

Пресс-служба физического факультета МГУ



**ЗАВЕДУЮЩИЙ КАФЕДРОЙ ФИЗИКИ УСКОРИТЕ-
ЛЕЙ И РАДИАЦИОННОЙ МЕДИЦИНЫ,
ПРОФЕССОР АЛЕКСАНДР ПЕТРОВИЧ ЧЕРНЯЕВ —
ЛАУРЕАТ ПРЕМИИ ИМ. М.В. ЛОМОНОСОВА
ЗА ПЕДАГОГИЧЕСКУЮ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ**



Решением Ученого совета МГУ премия имени М.В. Ломоносова за педагогическую деятельность присуждена профессору Александру Петровичу Черняеву!

Сердечно поздравляем с главной наградой Университета!

Пресс-служба физического факультета МГУ



СТИПЕНДИИ МГУ МОЛОДЫМ СОТРУДНИКАМ, АСПИРАНТАМ И СТУДЕНТАМ В 2021 ГОДУ

Поздравляем наших коллег, получивших в 2021 году стипендию Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова молодым сотрудникам, аспирантам и студентам, добившимся значительных результатов в педагогической и научно-исследовательской деятельности. Всего получили эту стипендию 10 сотрудников, 9 аспирантов и 5 студентов.

1. АКМЕТДИНОВ Руслан Рашидович, студент астрономического отделения;
2. БЕЛОВ Александр Александрович, научный сотрудник кафедры математики;
3. БОГАЦКАЯ Анна Викторовна, доцент кафедры атомной физики, физики плазмы и микроэлектроники;
4. БУЛЫГИН Игорь Игоревич, студент астрономического отделения;
5. БУРЛАКОВ Евгений Владимирович, аспирант кафедры квантовой статистики и теории поля;
6. ГАВРИЛОВ Алексей Андреевич, старший научный сотрудник кафедры физики полимеров и кристаллов;
7. ГОРДЕЕВ Артем Павлович, студент 1 курса специалитета;
8. ГРИШИН Кирилл Алексеевич, студент астрономического отделения;
9. ГУМЕРОВ Рустам Анрикович, младший научный сотрудник кафедры физики полимеров и кристаллов;
10. ЖЕЛТОУХОВ Сергей Геннадьевич, студент астрономического отделения;
11. ЗЕФИРОВ Вадим Викторович, аспирант кафедры физики полимеров и кристаллов;
12. ИГНАТЬЕВА Дарья Олеговна, старший научный сотрудник кафедры фотоники и физики микроволн;
13. КРОХМАЛЬ Алиса Александровна, аспирант кафедры акустики;
14. МАННАНОВ Артур Линарович, аспирант общей физики и волновых процессов;
15. МИГАЛЬ Екатерина Александровна, аспирант кафедры общей физики и волновых процессов;
16. МИТЕТЕЛО Николай Викторович, аспирант кафедры квантовой электроники;
17. РАГАНЯН Григорий Вартанович, аспирант кафедры физики низких температур и сверхпроводимости;



18. РООП Михаил Дмитриевич, аспирант кафедры физико-математических методов управления;
19. СМЕРНОВ Александр Михайлович, старший научный сотрудник кафедры физики полупроводников и криоэлектроники;
20. СОКОЛОВСКАЯ Юлия Глебовна, инженер кафедры общей физики;
21. ФАДЕЕВ Максим Сергеевич, аспирант кафедры общей физики;
22. ШВЕЦОВ Сергей Александрович, научный сотрудник Лаборатории жидких кристаллов;
23. ШИБАЕВ Андрей Владимирович, старший научный сотрудник кафедры физики полимеров и кристаллов;
24. ЯКИМОВ Борис Павлович, младший научный сотрудник кафедры квантовой электроники.

Пресс-служба физического факультета МГУ

ПРЕМИИ ПРАВИТЕЛЬСТВА МОСКВЫ МОЛОДЫМ УЧЁНЫМ ЗА 2020 ГОД

Объявлены лауреаты премии Правительства Москвы молодым учёным за 2020 год. Лауреатами стали 4 сотрудника физического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова: премии удостоены 2 работы наших молодых учёных.

Лауреатами стали:

- в номинации «Информационно-коммуникационные технологии» **Мусорин Александр Игоревич, Шорохов Александр Сергеевич, Зубюк Варвара Владимировна** за «разработку и создание реконфигурируемых наноустройств для обработки оптических сигналов»;
- в номинации «Биотехнологии» **Саушкин Николай Юрьевич** за «системы на основе сухих пятен крови и высокопористых мембранных носителей для комплексного применения в диагностических целях».

Сердечно поздравляем наших учёных с заслуженными наградами!

Пресс-служба физического факультета МГУ



ПОЗДРАВЛЯЕМ НАШИХ КОЛЛЕГ, ПОЛУЧИВШИХ В 2020 ГОДУ ПОЧЕТНЫЕ ЗВАНИЯ МОСКОВСКОГО УНИВЕРСИТЕТА:

Заслуженный профессор Московского университета

1. ХУНДЖУА Андрей Георгиевич, профессор кафедры физики твердого тела
2. ЧИРКИН Анатолий Степанович, профессор кафедры общей физики и волновых процессов

Заслуженный преподаватель Московского университета

1. ГРИБОВ Виталий Аркадьевич, доцент кафедры квантовой статистики и теории поля
2. МИТИН Игорь Владимирович, доцент кафедры общей физики

Заслуженный работник Московского университета

1. КОВАЛЁВА Лилия Константиновна, начальник отдела кадров
2. ПРЕОБРАЖЕНСКАЯ Татьяна Александровна, ведущий электроник кафедры биофизики

Пресс-служба физического факультета МГУ

НАЧАЛО СТРОИТЕЛЬСТВА ИННОВАЦИОННОГО НАУЧНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ЦЕНТРА МГУ «ВОРОБЬЁВЫ ГОРЫ»

26 января 2021 года ректор МГУ имени М.В. Ломоносова академик В.А. Садовничий и мэр Москвы С.С. Собянин дали старт строительству Инновационного научно-технологического центра МГУ «Воробьевы горы», заложив первый и самый большой корпус с символическим названием «Ломоносов».

Говоря об идее создания научно-технологической долины Московского университета, ректор МГУ отметил, что она возникла как ответ на вызовы времени, когда огромный научный и инновационный потенциал при университетах, в частности при Московском университете, потребовал перехода к практической работе по высоким технологиям. Поэтому родилась идея создать инновационный центр, где бы молодые учёные, аспиранты, студенты что-то придумывали, что-то «паяли», а бизнес мог бы внедрять эти разработки в жизнь. Академик В.А. Садовничий доба-



вил, что креативный и интеллектуальный потенциал студентов и молодых учёных МГУ — это те самые «дрожжи», как о них иногда говорят в зарубежных университетах, которые способны закладывать основы новых производств инновационных товаров и услуг. Виктор Антонович поблагодарил руководство страны и Москвы за огромную поддержку на старте этого важнейшего для университета, города и страны проекта.



Выступая перед строителями, студентами и сотрудниками МГУ, мэр Москвы С.С. Собянин поздравил Московский университет с днем его рождения. Глава столицы обратил внимание, что строительство крупнейшего научно-технологического кластера Москвы и самого крупного инновационного проекта МГУ за всю его историю осуществляется по поручению председателя Попечительского совета МГУ, Президента Российской Федерации В.В. Путина. «В короткие сроки проведена подготовительная работа, и сегодня здесь одновременно ведутся проектирование, геологоразведочные работы, подготовка к строительству, постепенно разворачивается стройка. Надеюсь, через два года здесь будет уже возведен новый корпус. За этот период нужно сформировать реальную команду тех, кто будет в нём работать», — подчеркнул столичный градоначальник.

Инновационный научно-технологический центр МГУ «Воробьёвы горы» будет состоять из девяти кластеров общей площадью 440 тысяч квадратных метров. На них разместятся успешные стартапы, технологи-

ческие компании и научно-исследовательские подразделения корпораций. Предусмотренная проектом площадь застройки составляет 17,5 гектаров. Помимо флагманского кластера «Ломоносов», старт строительству которого был дан 26 января, также будут возведены кластеры «Нанотех», «Инжиниринг», «Биомед», «Космос», «Инфотех», «Геотех», междисциплинарный и управленческий кластеры.

<https://www.msu.ru/news/nachalo-stroitelstva-tsentra-vorobyevy-gory.html>

ЗДАНИЯ МГУ СОЕДИНИТ КВАНТОВАЯ СЕТЬ



Центр квантовых технологий запустил линию защищённой квантовой телефонии, которая свяжет между собой 20 абонентских пунктов на территории Московского университета. Максимальное расстояние между объектами — 50 км. Работы планируют полностью завершить к концу 2021 года.

В ходе реализации программы, начатой в декабре 2020 года, будет создан защищенный сегмент квантовой сети между несколькими абонентами, расположенными на территории кампуса МГУ на Ленинских горах. В частности, точки сети будут установлены на физическом факультете, в Главном здании и в Центре квантовых технологий (всего около



20 абонентских пунктов). В 2021 году сеть будет интегрирована с сетью компании «ИнфоТеКС» и к концу этого года квантово защищенная сеть будет полностью введена в опытную эксплуатацию. Максимальное расстояние между объектами, соединенными линией квантовой связи, составит 50 км.

«Перед тем, как квантовое шифрование станет привычной частью защищенных бизнес-коммуникаций, необходимо тщательно протестировать все возможные варианты работы таких систем. Проект, который мы начали, дополняет и развивает те эксперименты и разработки в области квантовых коммуникаций по волоконно-оптическим сетям, которые ранее проводили и мы, и другие компании, работающие в данной области», — отметил научный руководитель Центра квантовых технологий физического факультета МГУ профессор Сергей Кулик.

Квантовая сеть будет построена на квантовой криптографической системе выработки и распределения ключей (ККК BPK) ViPNet Quantum Security System (ViPNet QSS), разработанной компанией «ИнфоТеКС» в содружестве с Центром квантовых технологий МГУ имени М.В.Ломоносова. Система работает в топологии «звезда» и предназначена для распределения ключей шифрования между доверенными зонами. В ходе проекта будут решены одновременно несколько задач: данная квантовая сеть будет многоузловой, она будет работать в городских условиях, защищенный канал свяжет между собой сети разных организаций.

Для обеспечения безопасной передачи информации между защищенными зонами в каждой устанавливаются клиенты ViPNet QSS Point, которые по квантовому каналу подключаются через иерархическую систему оптических коммутаторов ViPNet QSS Switch к серверу ViPNet QSS Server. Таким образом, происходит объединение доверенных зон для защищенного взаимодействия. С помощью системы ViPNet QSS осуществляется доставка ключей шифрования на все устройства, шифрующие информацию пользователей.

Конфиденциальность переговоров через данную систему основана на стойком симметричном шифровании сетевого трафика между абонентами с использованием протокола квантового распределения ключей. В свою очередь, стойкость данного протокола основана на фундаментальном принципе квантовой физики — невозможности измерения фотона без изменения его состояния. Это значит, что, если злоумышленник попытается перехватить фотоны, из которых впоследствии должен сформироваться квантовый ключ, их изначально приготовленные состояния изменятся. Протокол обнаружит данные изменения и не станет использовать такие фотоны для формирования секретного квантового ключа.



Также одним из преимуществ «квантового» телефона является возможность шифровать голосовой трафик и текстовые сообщения пользователей на ключах, неизвестных даже администратору сети.

«Наше сотрудничество с коллегами из МГУ началось 4 года назад. За это время мы создали несколько криптографических систем, работающих в разных топологиях. Приятно отметить, что наши совместные разработки находят и практическое применение, — прокомментировал Дмитрий Гусев, заместитель генерального директора компании «Инфо-ТеКС». — Я думаю, что опытная эксплуатация ViPNet QSS позволит нам и коллегам из Центра квантовых технологий еще лучше понять реальные потребности заказчиков, заинтересованных в квантовых технологиях».

Пресс-служба физического факультета МГУ

В УЧЕНОМ СОВЕТЕ ФАКУЛЬТЕТА

Подведены итоги работы Ученого совета физического факультета в 2020 году. Всего было проведено 7 заседаний совета, на которых рассмотрено свыше 50 различных вопросов. В условиях распространения коронавирусной инфекции заседания совета во второй половине года проходили в дистанционном формате. В ноябре и декабре состоялись профессорские собрания факультета (совместно с заседаниями Ученого совета). Эти собрания были посвящены 110-летию со дня рождения профессора Василия Степановича Фурсова (доклад профессора Н.Н. Сысоева) и 110-летию со дня рождения профессора Арсения Александровича Соколова (доклад профессора А.В. Борисова).

Ученый совет факультета на своих заседаниях в 2020 году заслушал отчеты заведующих кафедрами: физики полупроводников и криоэлектроники (проф. О.В. Снигирев), экспериментальной астрономии (проф. А.С. Расторгуев), общей физики и физики конденсированного состояния (проф. Д.Р. Хохлов). Работа всех этих кафедр в прошедшем пятилетии была признана успешной.

Как и в предыдущие годы, состоялись выдвижения на почетные звания и премии Московского университета. Премии имени М.В. Ломоносова за педагогическую деятельность удостоен заведующий кафедрой физики ускорителей и радиационной медицины профессор А.П. Черняев. Почетных званий удостоены: «Заслуженный профессор Московского университета» — проф. А.Г. Хунджуа и проф. А.С. Чиркин; «Заслужен-



ный преподаватель Московского университета» — доц. В.А. Грибов и доц. И.В. Митин; «Заслуженный работник Московского университета» — начальник отдела кадров Л.К. Ковалева и сотрудница кафедры биофизики Т.А. Преображенская. Ряд молодых преподавателей, научных сотрудников, аспирантов и студентов факультета удостоены стипендий Московского университета. Поздравляем всех наших коллег с премиями, почетными званиями и стипендиями!

Ученый совет рассмотрел много других вопросов. Утверждены приоритетные направления научных исследований на физическом факультете и план НИР на 2021 год. Подведены итоги зимней экзаменационной сессии и нового приема, утвержден план издательской деятельности физического факультета и др. Рассмотрены вопросы, связанные с присвоением ученых званий, а также более 150 конкурсных дел.



В 2020 году на заседаниях наших диссертационных советов были защищены 1 докторская и 16 кандидатских диссертаций. Докторскую диссертацию защитил сотрудник факультета А.И. Орешкин. Поздравляем!

*Ученый секретарь Ученого совета
профессор В.А. Караваев*

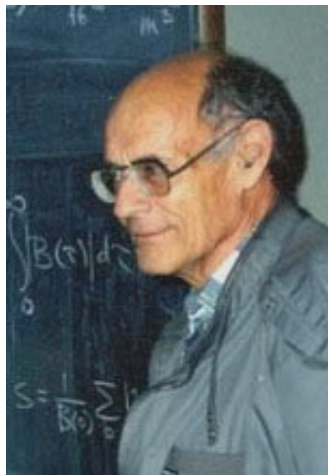
КВАНТОВАЯ ОПТИКА В ТЕРАГЕРЦОВОМ ДИАПАЗОНЕ ЧАСТОТ

Долгое время терагерцовый диапазон частот 0.1–10 ТГц оставался самым труднодоступным «ущельем» на шкале электромагнитных волн, в котором не могли применяться ни оптические, ни радиофизические методы исследования и отсутствовали необходимые для этого приборы. Однако, благодаря многим необычным проявлениям отклика веществ на терагерцовых частотах, этот диапазон чрезвычайно интересен в приложениях. Последние несколько десятилетий в мире прошли под знаком активного освоения терагерцового диапазона. Здесь сошлись силы и знания самых разных специалистов в области современной твердотельной и газовой электроники, астрофизики, ускорения заряженных частиц, лазер-

ной физики, физики полимеров и органических соединений. Сегодня уже можно говорить об успешном создании терагерцовых источников и приемников, подходящих для применения в медицинской диагностике, спектроскопии, визуализации объектов в терагерцовых лучах. Обсуждаются вопросы передачи и обработки информации на терагерцовых частотах. Однако речь идет об источниках только классического излучения. На «квантовых» секциях терагерцовых конференций в основном речь идет о квантовых принципах работы некоторых приборов, например, о квантово-каскадных лазерах, излучателях на квантовых точках и т.д., но при этом само излучение, создаваемое в таких источниках, не имеет каких-либо выраженных квантовых свойств.

Между тем мы наблюдаем, как в соседнем оптическом диапазоне развитие квантовой оптики дало много интересных и важных результатов, стимулировало создание новых квантовых методов спектроскопии, сенсорики, метрологии. Поля с неклассической статистикой оптического и микроволнового диапазонов являются необходимым звеном в проектируемых сегодня системах квантовых вычислений, передачи информации по квантовым линиям связи. Продвижение квантово-оптических представлений в терагерцовый диапазон может дать много нового и, безусловно, будет происходить в течение самых ближайших лет.

Однако уже сейчас начинается процесс наведения «мостов» между квантовым оптическим и пока еще классическим терагерцовым пространствами исследований. Среди первых работ в этом направлении — изучение статистических параметров нулевых флуктуаций электромагнитного вакуума на терагерцовых частотах методом электро-оптического стробирования (Nature 2019), генерация квантово-коррелированных пар фотонов, один из которых имеет оптическую, а другой — почти на 2 порядка меньшую терагерцовую частоту (Physical Review A 2018, 2020), разработка методов терагерцовой квантовой сенсорики на основе эффекта спонтанного параметрического рассеяния света (Science Advances 2020, Applied Physics Letters 2020).



Д. Н. Клышко (1929-2000)



Сотрудники П.А. Прудковский, К.А. Кузнецов, Г.Х. Китаева, аспиранты и студенты лаборатории квантовой оптико-теплогерцовой фотоники в 2019 г. В.Д. Султанов, А.М. Рудяк, Д.А. Сафроненков, А.А. Гайсаров, А.Д. Фролов, Е.И. Малкова, Е. Д. Воробьева, Т.И. Новикова

Явление спонтанного параметрического рассеяния света (СПР) было впервые предсказано профессором физического факультета, основателем школы квантовой оптики в России и автором основополагающих трудов по исследованию и применению СПР Давидом Николаевичем Клышко в 60-х годах прошлого столетия. Сегодня это явление широко используется в квантовых технологиях для создания неклассических состояний света. Специалисты из лаборатории СПР, созданной Давидом Николаевичем Клышко и Александром Николаевичем Пениным на кафедре квантовой электроники физического факультета МГУ, известны в нашей стране и за рубежом в качестве организаторов новых групп и квантово-оптических направлений в России, Германии, США, Сингапуре и других странах. При спонтанном параметрическом рассеянии фотоны лазерной накачки распадаются на квантово-коррелированные пары фотонов с меньшими частотами, образующими «запутанные» (entangled) квантовые состояния



— бифотоны. Частоты фотонов, образующих бифотонную пару, принципиально ограничены только одним условием — согласно закону сохранения энергии, их сумма должна быть равна частоте фотонов лазерной накачки. Это значит, что также возможна генерация пар фотонов с сильно различающимися частотами, одна из которых может попадать в терагерцовый диапазон. Наша научная группа на кафедре квантовой электроники, которая теперь называется лабораторией квантовой оптико-терагерцовой фотоники, первой в мире взялась за реализацию этой возможности несколько лет назад.

Опыт работы в лаборатории СПР по квантовой фотометрии и спектроскопии ИК-излучения позволил нам сравнительно легко «перейти» в терагерцовый диапазон. Но вначале - только в части измерений оптических фотонов, без проведения прямых измерений мощности терагерцовой составляющей оптико-терагерцовых бифотонных пар. К примеру, уже в 2010 г. было показано, что без прямых измерений терагерцовых волн можно определять показатели преломления и коэффициенты поглощения материалов на терагерцовых частотах, в 2018-2020 г. аналогичным образом была проведена диагностика температурного поведения корреляционных характеристик бифотонов. В 2019 г. к разработке подобных квантовых терагерцовых сенсоров независимо подключились исследователи немецкой группы из Кайзерслаутерна, а нашими соавторами стали сотрудники кафедры атомной физики, физики плазмы и микроэлектроники физического факультета МГУ. С 2017 года работы поддерживаются грантом РФФИ № 17-12-01134.

Самые интересные и многообещающие результаты в ближайшем будущем мы ждем от продвижения в терагерцовый диапазон квантово-оптических технологий калибровки квантовой эффективности фотоприемников, построения изображения объектов в скрытых лучах (quantum ghost imaging), создания источников одиночных фотонов и приемников, определяющих число падающих фотонов. Все эти методы требуют не только одновременного прямого детектирования потоков терагерцовых фотонов, но и измерения корреляционных характеристик оптических и терагерцовых фотонов. Однако здесь терагерцовый диапазон начинает показывать свой неподатливый характер. При комнатных температурах на этих частотах все объекты экспериментальной установки испускают большое число фотонов равновесного теплового излучения, в которых могут просто утонуть терагерцовые сигналы от бифотонных полей. Возможное поглощение излучения на терагерцовых частотах в кристалле будет приводить к генерации полей не в чистых, а в смешанных квантовых состояниях. Размеры области в кристалле, в которой происходит генерация бифотонов, не так уж велики по сравнению с длиной волны терагерцового фотона. Это приводит к чрезвычайно высокой расходимости терагерцовых фотонов, способной удивить и озадачить квантовых оптиков,



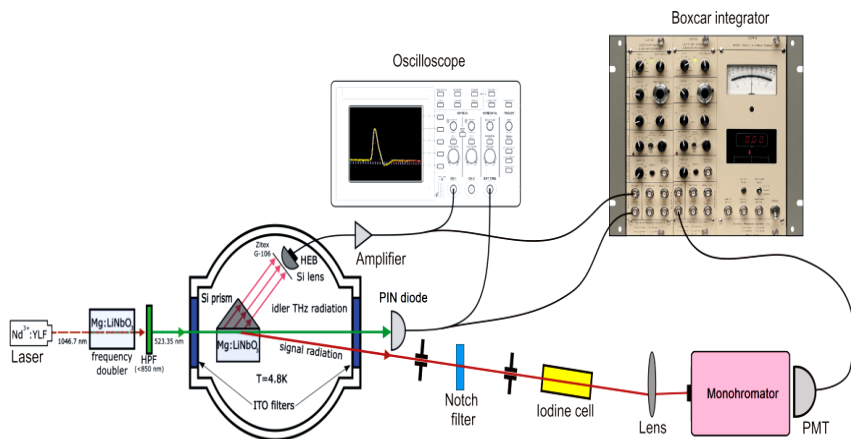
которые привыкли легко собирать фотоны всех сопряженных условием пространственного синхронизма мод на своих оптических детекторах. Наконец, технические трудности, связанные с необходимостью подавления шума от упруго рассеянного излучения накачки при регистрации оптических фотонов на частотах, расположенных в непосредственной близости от частоты накачки, и необходимостью работы с терагерцовыми детекторами, пока еще не способными разрешать импульсы фототока от отдельных терагерцовых фотонов слишком малой энергии. Прогресс экспериментальной квантовой оптики во многом опирается на изобретение высокоскоростных схем, измеряющих совпадения одиночных показаний счетных фотодетекторов. Эти схемы успешно применяются при измерении корреляционных характеристик коррелированных полей как низкой (при СПР), так и высокой интенсивности (при генерации так называемых макроскопических квантовых состояний в условиях высокого коэффициента параметрического усиления волн в кристалле). В терагерцовом диапазоне пока все имеющиеся приемники работают в аналоговом режиме, нет ни счетных детекторов, ни аналогичных схем совпадения.

Решать этот груз проблем, стоящих перед новой областью, мы начали с теоретического рассмотрения особенностей параметрического рассеяния при генерации оптико-терагерцовых бифотонов. И здесь вновь проявилось удивительное значение научного наследия, оставленного нам Д.Н. Клышко. В своей знаменитой монографии «Фотоны и нелинейная оптика» он сформулировал так называемый обобщенный закон Кирхгофа, описывающий параметрическое рассеяние в условиях тепловых флуктуаций и поглощения кристаллом излучения на одной из частот бифотонной пары. Проанализировав наш случай СПР с позиций обобщенного закона Клышко – Кирхгофа, мы определили, при каких температурах кристалла и его окружения возможно наблюдение высоких корреляций оптических и терагерцовых полей, каков точный модовый состав генерируемого излучения. Теперь в нашей экспериментальной установке нелинейный кристалл помещается в один гелиевый криостат с высокочувствительным терагерцовым болометром, где температура всех элементов поддерживается равной 4.8 К. В организации пространства криостата нам помогли сотрудники Российской компании Scontel, производящей быстродействующие сверхпроводниковые болометры на горячих электронах. Преодоление многих экспериментальных трудностей позволило нам разработать подход к экспериментальному измерению корреляционной функции бифотонов, основанный на статистическом анализе показаний аналоговых детекторов, измеряемых за короткие времена длительности импульсного лазера накачки.

Конечно, создание оптимальной экспериментальной установки, какой она видится сегодня по нашим расчетам, еще требует больших фи-

наносовых вложений и труда. Однако уже к настоящему моменту, при использовании наносекундного лазера накачки и недостаточно высокого уровня подавления шумов в оптическом тракте установки, нам удалось впервые в мире измерить квантово-коррелированную составляющую измеряемых сигналов СПР. Впереди увеличение уровня измеряемых корреляций за счет введения дополнительных оптических фильтров и перехода на более короткие, пикосекундные импульсы нового лазера накачки. Приобретение такого лазера планируется в МГУ в рамках национального проекта «Наука».

Действующая установка для наблюдения квантовых корреляций оптических и терагерцовых фотонов



Так постепенно, шаг за шагом, раскрываются пути для продвижения квантовых технологий в терагерцовый диапазон. Диапазон, который благодаря необычному отклику вещества обещает много новых интересных физических эффектов и их применений.

- [1] I.-C. Bena-Chelms *et al.* Nature 568, p.202 (2019), C. Riek *et al.* Science 350, 420 (2015).
 [2] G.Kh. Kitaeva *et al.* Phys. Rev. A v.98, 063844 (2018), v.101, 053810 (2020).
 [3] M. Kutas *et al.* Sci. Adv. 6, 8065 (2020), B. Haase *et al.* Opt. Express v. 27, 7458 (2019).
 [4] T.I. Novikova *et al.* Appl. Phys. Lett. v. 116, 26 (2020).



[5] K.A. Kuznetsov *et al.* Appl. Phys. B v.101, 811 (2010), v. 122, 223 (2016), V.V. Kornienko *et al.* APL Photon. 3, 051704 (2018).



[6] R.V. Zakharov *et al.* Laser Phys. v. 29, 124010 (2019), K. A. Kuznetsov *et al.* Phys. Rev. A v.101, 053843 (2020).

[7] G.Kh. Kitaeva *et al.* Opt. Lett. 44, 1198 (2019), Sultanov *et al.* JETP Lett. v.112, 269 (2020).

Галия Китаева, профессор кафедры квантовой электроники физического факультета МГУ

КИНЕТИКА ПОГЛОЩЕНИЯ ВОДОРОДА ИЗ ГАЗОВОЙ ФАЗЫ ДИФфуЗИОННЫМИ ФИЛЬТРАМИ–МЕМБРАНАМИ НА ОСНОВЕ ПАЛЛАДИЯ

В современном мире развитие технологического прогресса неразрывно связано с переходом к ресурсосберегающим экологически безопасным технологиям. Необходимость развития водородной энергетики, термоядерного синтеза требуют решения вопроса повышения безопасного производства, хранения и транспортировки водорода. Проблема же широкого применения водорода в технологических циклах заключается в неравновесной динамике взаимодействующих с водородом открытых металлических систем. Высокая подвижность и проникающая способность водорода позволяют ему влиять на многие структурочувствительные свойства материалов.

В этой связи исследования взаимодействия водорода с металлическими системами, а тем более условия возникновения и развития в них двухфазной области взаимного превращения гидрида водорода (β -фазы) и разбавленного твердого раствора водорода (α -фазы), имеют широкое прикладное значение и актуальны для фундаментальных исследований физики конденсированной среды.

В ряду интересных и значимых для исследований металлических систем сплавы на основе палладия занимают особое положение, так как палладий обладает уникальным природным свойством впитывать водород — до 860 объемов на один объем металла. И это свойство избирательной проницаемости к водороду наследуют твердые растворы палла-



дия с различными легирующими добавками. Элементы легирования помогают улучшать прочностные характеристики металлических систем, что важно при изготовлении диффузионных фильтров мембран, применяемых в процессах сепарации из газовых смесей уникального по своим свойствам водорода. Уникального, так как мембраны на основе палладия позволяют получать водород высокого уровня чистоты (99.9999%), биологически совместимый с человеческим организмом.

Исследуемый в настоящей работе сплав, Pd-7масс. % Y, входит в триаду металлических систем с лучшими показателями по водородопроницаемости и прочности. Иттрий — исключительный легирующий элемент, который и в «чистом» виде обладает стабильной валентностью (+3) и хорошо поглощает водород. Но значительное различие размеров атомов металлов (1.376 Å и 1.776 Å для палладия и иттрия, соответственно) создает поля деформационных напряжений в кристаллической решетке твердого раствора и трудности по сохранению гомогенности состава при тепловом и водородном воздействии.

Внимание российских научно-исследовательских групп сплав привлекал и ранее. Так, в лаборатории рентгеноструктурного анализа нашей кафедры (кафедра физики твердого тела физического факультета Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова) в 2007–2008 годах совместно с исследователями группы под руководством чл.-корр. Академии наук Г.С. Бурханова в диффузионных фильтрах-мембранах сплава аналогичного состава рассматривались фазовые превращения под воздействием водорода.

Получение сведений об изменениях структурного состояния гидрированных систем Pd-Y для улучшения показателей прочности, водородопроницаемости и эффективности определило цель и совместной нашей с коллегами работы, которая представлена в публикации: Акимова О.В., Велигжанин А.А., Светогоров Р.Д., Горбунов С.В., Рошан Н.Р., Бурханов Г.С. Кинетика поглощения водорода из газовой фазы диффузионными фильтрами-мембранами системы Pd-Y. Физика металлов и металловедение, 2020, том 121, № 2, с.172-178, DOI: 10.1134/S0031918X20020027.

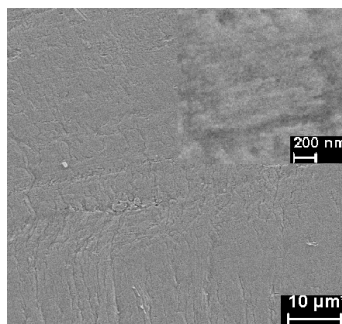
Для решения поставленной задачи проведено исследование структурного состояния диффузионных фильтров-мембран Pd-7масс. % Y при различных режимах гидрирования методами рентгеновской дифракции с использованием источника синхротронного излучения Курчатовского научно-исследовательского центра. Уникальное оборудование станции рентгеноструктурного анализа обеспечило высокую информативность и достоверность полученных результатов. Морфология поверхности мем-



бран исследована методом сканирующей электронной микроскопии на растровом микроскопе высокого разрешения Supra_MSU.



(a)



(б)

Рис.1. (а)-Двумерная дифрактограмма, снятая с одного из исследуемых диффузионных фильтров-мембран до гидрирования; (б)-Электронно-микроскопическое изображение поверхности этого мембранного фильтра

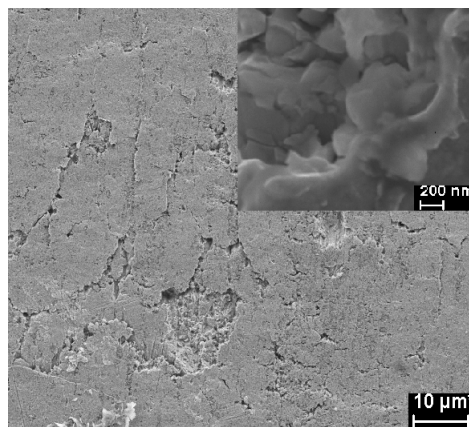


Рис.2. Изменение состояния поверхности исследуемого диффузионного фильтра в результате проведения гидрирования

В результате комплексного изучения структурного состояния сплава и его изменений в процессах гидрирования установлено влияние исходного состояния металлической системы на формирование области несмешиваемости фаз различной концентрации водорода, β и α . Проведено уточнение границ возникновения таких областей в системе Pd-Y-N. Последнее — наиболее значимый результат этой работы. Хотя здесь сложно провести границу — высокоточные исследования наиболее

перспективного мембранного сплава, изготовленного с высоким уровнем гомогенности (рис. 1) российской научно-исследовательской группой актуальны и важны в реалиях современного мира. В работе проведена оценка влияния водорода на диспергирование субструктуры сплава, микрордеформации кристаллитов.

Перспектива подобных исследований 3 развитие новых технологий для создания функциональных материалов с особыми физическими свойствами, что обеспечит улучшенные показатели прочности и водородопроницаемости мембранных металлических фильтров и позволит сделать процессы получения и хранения высокочистого водорода более эффективными и безопасными.

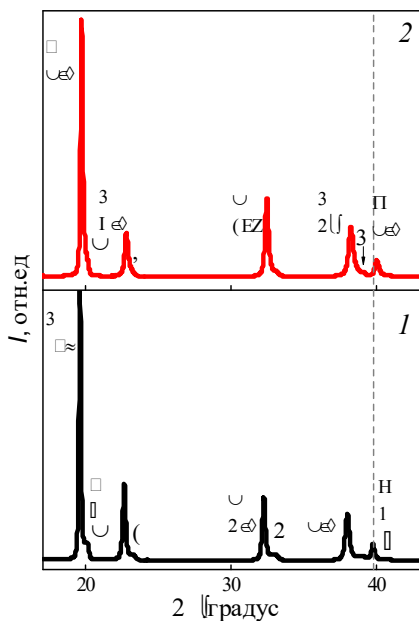


Рис. 3. Дифрактограммы сплава, находящегося после гидрирования в области ($\beta \leftrightarrow \alpha$), т.е. в области несовместимости гидрида (β -фаза) и разбавленного твердого раствора водорода в кристаллической решетке (α -фаза). Цифры 1 и 2 отмечают различные состояния сплава. О прохождении фазовых превращений свидетельствует изменение формы дифракционных отражений. Пунктирная линия показывает изменение углового положения отражений при уходе водорода из открытой системы

Акимова О.В. — научный сотрудник
кафедры физики твердого тела,
лаборатория рентгеноструктурного анализа





ИМПАКТ-ФАКТОР И БИЗНЕС

Комментарий к наукометрии

Существующая система оценки научной деятельности, жестко ориентированная на наукометрические показатели, открыла возможности к новому и неожиданному бизнесу в научной сфере. Публикация научных статей во многих журналах с высоким импакт фактором требует определенных материальных затрат. Эти затраты можно с лихвой компенсировать и даже получить вознаграждение в виде гранта или стимулирующих надбавок. В экспертной оценке заявки, поданной в какой-либо грант на поддержку проекта, или отчета о его выполнении определяющим фактором является число статей исполнителей в журналах с высоким рейтингом, в подавляющем большинстве которых публикации платные. Однако при финансовых вложениях для публикации в платных журналах с высоким импакт фактором повышается показатель публикационной активности ученого согласно наукометрическим оценкам и значительно возрастает вероятность его успеха в увеличении финансирования при получении гранта и стимулирующей выплаты. В результате расширяется возможность для оплаты большего числа статей в высокорейтинговых журналах, повышения тем самым публикационной активности и получения большего вознаграждения. Одновременно для высокорейтинговых журналов, в подавляющем большинстве зарубежных, возрастает за счет фондов финансовая поддержка, которой так не хватает российским изданиям.

Представленная схема бизнеса в научной сфере получена на основе анализа промежуточных отчетов по выполнению проектов, в которых запрашивается увеличение финансирования для увеличения публикаций в платных журналах. Схема такого бизнеса подобна усилителю с положительной обратной связью, в котором источником питания являются фонды, а входным сигналом – научный результат. Следует заметить, что при большой обратной связи возможен режим генерации в отсутствие входного сигнала.

В последние годы РФФИ объявлял новый конкурс «Экспансия», который направлен на укрепление международного авторитета российских научных журналов и повышение их рейтинга в системах научного цитирования. Возможность получить вознаграждение за подготовку оригинальных научных обзорных статей, публикуемых в российских научных журналах, включенных в одну из систем цитирования Web of Science, Scopus, RSCI, привлекла многих. Конкурсный отбор на основе поданных аннотаций будущих статей оказался очень жестким, относительное число поддержанных Фондом заявок не превышало 1/12. Проведенные конкур-

сы не оказали финансовую поддержку российским журналам, но в некоторых из них пополнили портфели рукописей для последующего рецензирования статей, порой сырых.



Схема бизнеса на основе высокого импакт-фактора публикаций подобна усилителю с положительной обратной связью

Существенную поддержку в увеличении рейтинга российских журналов может оказать наукометрическая система «Истина» МГУ, которая охватывает ученых мирового уровня. Увеличение баллов, начисляемых за статьи в российских журналах и, в первую очередь, в сериях «Вестника МГУ», которые переводятся на английский, повысит заинтересованность сотрудников университета в таких публикациях. Это не сразу, но в итоге будет способствовать увеличению импакт-фактора и укреплению международного авторитета российских научных журналов и, в частности, университетского научного журнала.



Профессор В.П.Кандидов

ЗАЩИТНИК МОСКВЫ КИРИЛЛ ИВАНОВИЧ ЩЁЛКИН

*Ко Дню защитника Отечества
К восьмидесятилетию разгрома
немецких захватчиков под Москвой*

Пришло письмо из Челябинска с просьбой рассказать на страницах «Советского физика» о Кирилле Ивановиче Щёлкине — защитнике Москвы. Выполняя просьбу наших дорогих читателей в Снежинске, бывшем Челябинске-70, приводим краткую информацию о Щёлкине и воспоминания о нем, написанные его сыном Ф. К. Щёлкиным в 2010.*

Главный редактор «Советского физика»



Кирилл Иванович Щёлкин — самый малоизвестный из создателей советского ядерного оружия. Он родился в 1911 г., диссертацию по теме «Экспериментальные исследования условий возникновения детонации в газовых смесях» на соискание учёной степени кандидата технических наук защитил в 1938, докторскую — в 1945 (оппоненты — будущие академики: основоположник теории воздушно-реактивных двигателей Б.С. Стечкин, профессор МГУ, физик-теоретик Л.Д. Ландау и крупнейший аэродинамик, профессор МГУ, проректор МГУ, создатель МФТИ С.А. Христианович), профессор с 1947 г., член-корреспондент АН СССР (1953).

С 1947 г. Кирилл Иванович приглашается Курчатовым к работе в атомном проекте.

29 августа 1949 года К.И. Щёлкин на Семипалатинском испытательном полигоне вложил инициирующий заряд в плутониевую сферу первого советского атомного взрывчатого устройства РДС**-1. Он же нажал кнопку «пуск».

К.И. Щёлкин — создатель, главный конструктор и научный руководитель НИИ-1011 (с 1992 года — Российский федеральный ядерный центр — Всероссийский научно-исследовательский институт технической физики), трижды Герой Социалистического Труда (1949, 1951, 1953), Лауреат Ленинской (1958) и трех Государственных премий СССР.

В 1960 году К.И. Щёлкин переехал в Москву, работал профессором, заведующим кафедрой горения в МФТИ.





22 июня 1941 года застало отца старшим научным сотрудником Института химической физики, которым руководил академик Н.Н. Семенов. Институт находился в городе Ленинграде. Кандидат физико-математических наук 30-летний Кирилл Иванович Щёлкин работал над докторской диссертацией. Он был освобожден от всеобщего призыва на фронт, но потребовал отправить его туда добровольцем. Дважды ему отказывали, но, в конце концов, он добился желаемого и 7 июля 1941 г. в составе коммунистического батальона добровольцев Ленинграда был отправлен на фронт.

По дороге батальон высадили из теплушек и в течение 10 дней учили стрелять, рыть окопы — в общем, воевать. В один из этих десяти дней бойцов расспрашивали об их образовании. Отец ответил, что он кандидат физико-математических наук — и немедленно получил назначение в артиллерию. В середине июля коммунистический батальон добровольцев Ленинграда влился в 64-ю стрелковую дивизию, входившую в группу генерала К.К. Рокоссовского. Группа была создана для противодействия немецким войскам, захватившим 16 июля Смоленск и рвавшимся к Москве. Отец получил назначение во взвод разведки начальника артиллерии дивизии.

В бой отец впервые попал под Смоленском. Смоленская губерния — родина его деда по отцу, крепостного крестьянина Ефима Щелкина. В августе 64-я дивизия сражалась в составе армии, которой командовал генерал И.С. Конев, а в сентябре заняла оборону под Курском. Курская губерния — родина деда по матери крепостного крестьянина Алексея Жикulina, награжденного двумя Георгиевскими крестами за войну с Турцией. Судьба дала отцу шанс лично сражаться за родные места предков. Кстати, Курск, а затем Москву, отец защищал уже гвардейцем. В сентябре 64-я стрелковая дивизия была переименована в 7-я гвардейскую. В октябре 7-я гвардейская дивизия занимала ключевую позицию на шоссе Серпухов — Подольск. Немцы любыми средствами пытались прорвать фронт. Солдаты были измотаны ежедневными боями. Части несли большие потери. В 20 числах ноября дивизию по железной дороге доставили в Химки и 26 ноября выдвинули в район 41-го километра Ленинградского шоссе. Вдоль шоссе наступали две немецкие дивизии. Рядом с 7-й Гвардейской сражалась и 8-я Панфиловская дивизия.

(Примечание Гл. редактора: Солнечногорск, Алабушево, Крюково — здесь бойцы 7-й Гвардейской дивизии в ходе тяжелейших боев остановили врага. До окраин Москвы осталось 17 км, до Красной площади — 27 км! 7 декабря 1941 г. 7-я Гвардейская дивизия в ходе Клинско-Солнечногорской наступательной операции перешла в



наступление. С 15 декабря дивизия (то немногое, что от нее осталось после этих боев) находилась в резерве Ставки ВГК.)

Эти несколько дней боев до начала наступления были самыми трудными. В 1985 году однополчанин отца Ф.С. Свичевский, поздравляя нас с сестрой с 40-летием Великой Победы, вспоминает один из боев разведвзвода у деревни Б. Ржавки. Ветеран Великой Отечественной войны напоминает, что останки неизвестного солдата перенесены к Кремлевской стене из могилы, расположенной рядом с местом этого боя. Он пишет: «А ведь это могли быть и мы: я и Кирилл Иванович. Вспоминая о своем отце, вам следует об этом помнить». А дело было вот как: в районе 41-го километра Ленинградского шоссе шли тяжелые бои. Части отступили из деревни, при этом оружейный расчет оставил на окраине села пушку и прибыл в расположение части без нее. Командир орудия был расстрелян, а разведвзводу было приказано доставить пушку в часть. Шесть человек, включая рядовых Ф.С. Свичевского и К.И. Щелкина, выехали на выполнение задания на полуторке. Подъехав к орудью, разведчики увидели, что одновременно по шоссе с другой стороны к деревне движется колонна из шести немецких танков. За ней шла пехота. Командир приказал приготовиться к бою, увезти орудие уже не успевали. Все попрощались друг с другом. И тут раздались выстрелы. Загорелись передний и задний немецкий танки. Чуть позже еще один. Три оставшихся танка, так и не поняв, откуда ведется огонь, развернулись и отступили вместе с пехотой. Из груды бревен, наваленных на месте разрушенной избы, выехал танк Т-34. Подъехав к артиллеристам, танкисты попросили закурить. Они рассказали, что были оставлены в засаде.

Не раз как будто ангел-хранитель отводил смерть от отца. Отец находился на наблюдательном пункте артиллеристов. Поскольку он был самым младшим по званию (рядовым), ему приказали принести обед. Вернувшись вскоре, он не застал ни одного живого: прямое попадание снаряда. Видимо, немцы засекли отблеск оптического прибора.

Следующий случай. Отца часто посылали в штаб за пополнением, как правило, по ночам. Он хорошо ориентировался в лесу. Во время сильного боя даже ночью сильно стреляли. Он вел из штаба дивизии группу новобранцев, человек двадцать, в расположение части на передовую. Шли довольно долго. Стрельба становилась все сильнее и ближе. Группа забеспокоилась, и несколько человек стали кричать, что солдат, который их ведет, немецкий шпион и ведет их к немцам. Крики усиливались, голосов становилось все больше. Стали требовать у командира немедленно расстрелять «немецкого шпиона» и возвратиться в штаб. Доводы отца никто не слушал. К счастью, в этот момент прибыли на место.



Отец говорил, что сильно занервничал, когда заметил, что командир поддался общей панике.

Были и смертельно опасные моменты, не связанные с немцами. Разведчики на своей полуторке последними покидали железнодорожную станцию. Обнаружили целую цистерну спирта, заполнили спиртом все емкости, которые у них были, и поехали к своим. Отец находился в кузове грузовика, там же около кабины лежал запасной мотор для полуторки. Шофер, видимо, не рассчитал сил во время дегустации напитка. Машина на полном ходу перевернулась. Мотор упал на голову отцу и, как он рассказывал, спасла его только каска. Пострадавших не было. Машину поставили на колеса, погрузили запасной мотор и догнали наши части.

Вспоминать о случаях, когда смерть чудом проходила мимо отца, можно долго: их было много, как и у каждого оставшегося в живых фронтовика.

Судьба подарила отцу участие в декабрьском наступлении под Москвой. Однако 6 января 1942 года как гром среди ясного неба прозвучала команда: «Щелкину сдать оружие и явиться в штаб». Друзья пошли с ним, успокаивая: «мы не дадим тебя в обиду», и недоумевая: «за что тебя так?» В штабе Щелкину вручили удостоверение:

«Выдано настоящее бывшему красноармейцу 7-й гвардейской стрелковой дивизии Щелкину Кириллу Ивановичу в том, что он следует в город Казань для продолжения научной работы при Институте химической физики Академии наук СССР. Основание: шифротелеграмма зам. наркома обороны т. Щаденко».

Так 6 января 1942 года для отца закончилась одна война, но началась другая.

Шестью месяцами на передовой отец всегда гордился. Прибыв в Казань, отец поехал в Вологодскую область, чтобы привезти в Казань семью: меня, маму и бабушку. Одет он был во все солдатское, у него ещё не было ничего своего. Было начало 1942 года, транспорт между населёнными пунктами Вологодчины не ходил, и «солдат шел с фронта» пешком. Встречать его выходила вся деревня. Ещё бы – с фронта начинают отпускать солдат. Каждая женщина подходила с вопросом: «не встречался ли ты с моим?», называя имя, отчество и фамилию. Ответить надо было каждой. Все вместе задавали один и тот же вопрос: «когда начнут отпускать наших?»

По закону жанра здесь я должен поставить точку, но мы живем в другой стране. Молодежь, если прочтёт эти строки, спросит, а как он сумел «откосить» от армии в 1942 году? Сегодня молодежь имеет право на этот вопрос.



У И.В. Сталина оба сына воевали на передовой. Комитет обороны мог официально отозвать кого-то с фронта только при возникновении чрезвычайной военной ситуации.

И такая ситуация возникла!

Отец был направлен на другой фронт – разработку проблем горения в реактивных двигателях для авиации. Его научная квалификация позволяла с ходу включиться в эту работу. Политическому руководству страны стало известно, что немцы сделали мощный технический рывок, начав успешную разработку турбореактивного двигателя для своего «Мессера». Началась битва с немцами, а затем и с Западом за скорость советской военной авиации. Ситуация была исключительно серьезная. Её держал под контролем лично И.В. Сталин. Следует сказать, что к концу войны «Мессер» с турбореактивным двигателем имел скорость на ~ 100 км/ч больше, чем советские истребители. К счастью, немцы не успели наладить их серийный выпуск. Так что отзыв с фронта ученых – это своевременное признание руководством того, что военная мощь государства прежде всего обеспечивается наукой.

Вернувшись с фронта, отец в содружестве с представителями авиационной науки и техники исследовал процессы горения в реактивном двигателе, сформулировав теорию турбулентного горения. Форсировать сгорание можно было с помощью турбулентности, утверждал Щёлкин. Часть его работы «Горение в прямоточном воздушно-реактивном двигателе» увидела свет уже в 1943 году в статье «Сгорание в турбулентном потоке».

Выводы Щёлкина до сих пор лежат в основе представления о процессах, происходящих при форсированном сжигании горючих смесей. Отец вывел формулу для определения скорости горения, дал советы конструкторам по устройству диффузора и других частей двигателя. Кроме того, он вывел условия безотказного запуска реактивного двигателя, повышения устойчивости горения. Надо ли говорить, что это главное условие боевой эффективности самолета и безопасности полетов... Без работ Щёлкина нашим разработчикам реактивных двигателей и авиаконструкторам не удалось бы так быстро догнать, а затем и перегнать Запад в борьбе за скорость военной авиации.

Чуть позже отозванный с фронта К.И. Щелкин своими научными трудами обеспечил Родине прорыв в создании лучших в мире ракетных двигателей. Уже в начале 1947 года, через пять лет после отъезда с передовой, научный багаж К.И.Щелкина, накопленный за это время, позволил гвардии рядовому начать успешно отрабатывать взрывные системы атомных бомб в качестве заместителя главного конструктора КБ-11 по приглашению И.В. Курчатова.



Спросят, а при чём здесь ядерное оружие? Вон куда его занесло.

Гвардии рядовой К.И. Щёлкин вместе с соратниками впервые в истории земли нанесли поражение войну против своей Родины. Они выковали карающий ядерный меч такой космической мощи, что вынудили США, а заодно и все остальные страны, отказаться от применения военной силы против России. Несколько наших былинных героев исполнили многовековую мечту человечества о мире для своей лучшей в мире земли — России.

Ф.К. Щёлкин

<http://www.mmc.vega-int.ru/node/article/99>

Примечания Главного редактора.

* Сделаны небольшие сокращения.

** РДС - официальное название, шифрующее изделие, - реактивный двигатель специальный. По легенде, когда Л.П. Берия спросил И.В. Курчатова, как расшифровывается название «РДС», Курчатов ответил: «РОССИЯ ДЕЛАЕТ САМА».

РУССКИЕ СПАСЛИ ЦИВИЛИЗАЦИЮ

*Ко Дню защитника Отечества
К восьмидесятилетию разгрома
немецких захватчиков под Москвой*

«Русские спасли цивилизацию», — так сказал генерал армии США Дуглас Макартур после просмотра фильма «Радуга».

Фильм поставил режиссер М. Донской в 1943 г. В основу фильма была положена повесть Ванды Василевской «Радуга», которая была написана в конце 1942 г. Главная героиня повести — украинская партизанка Алена Костюк. Прообразом же героини была Александра Мартыновна Дрейман, казненная немецкими оккупантами в Уваровке Московской области 14 ноября 1941 года. Ветераны великой Отечественной войны утверждали, что «Перед атакой — водку? Вот мура!», если накануне они смотрели фильм «Радуга».



Александра Мартыновна Дрейман

Александра родилась в 1908 году, в школу не ходила, грамоте ее обучила младшая сестра. В колхозе была бригадиром. В 1937 году, окончив курсы, она становится начальником дорожного отдела при исполкоме поселка Уваровка. Перед войной Александра вышла замуж.

18 июля 1941 года принято Постановление ЦК ВКП(б) «Об организации борьбы в тылу германских войск». Сотни партизанских отрядов были созданы в районах предполагаемой оккупации. Трагично сложилась судьба бойцов этих первых партизанских отрядов: к лету 1942 года большая часть отрядов была уничтожена фашистами. Враг был опытен и жесток. В стране начался новый этап формирования партизанского движения, в ходе которого уже была создана



высокоэффективная система партизанских отрядов, опирающаяся на единое руководство, снабжение и подпитку подготовленными кадрами. Очень хорошо эта непростая история партизанского движения представлена в Музее истории Великой Отечественной войны в Минске.

К приходу немцев в Можайском и Уваровском районах (в 1941 г. это 2 района) было сформировано пять партизанских отрядов. Отряд «Уваровский» был сформирован из местных жителей. А. Дрейман умела обращаться с толлом, знала сеть дорог в районе, железную дорогу, поэтому ее включили в отряд. В отряде было еще две женщины — радистка и медсестра. 12 октября отряд ушел из Уваровки в лес, а в конце октября партизаны отряда уже взорвали четыре моста, по которым фашисты проводили передислокацию войск. После этих событий Александра вдруг исчезла из отряда. Заподозрив ее в измене, командир отряда послал двух бойцов ее уничтожить. Пришедшие в ее дом «ликвидаторы» увидели ее на сносях: свою беременность Александра скрывала...

А утром пришли немцы с ее мужем — он оказался предателем. Позже было установлено, что он был заброшен немецкой разведкой на этот крупный железнодорожный узел — Уваровку — задолго до войны. Есть и другие версии ее ареста, есть сведения, например, что Дрейман немцам выдала соседка.



Партизаны Уваровского района подписывают текст присяги

Изуверскими пытками враги пытались узнать место расположения отряда, вывезли ее в лес, гоняли по снегу в одной рубашке. В сарае она родила сына. Муки продолжались трое суток. Убили новорожденного, а затем и молчащую Александру. Опускаю детали: можно почитать, посмотреть фильм (он есть в сети, но не советую: это не современный боевик — уж очень тяжело). Можно, наконец, посетить могилу Александры Мартыновны Дрейман и ее товарищей-партизан, ведь Уваровка недалеко от Москвы.

Специально подчеркну для «мальчиков из Уренгоя», что фамилия главного организатора изуверств известна и борьба с партизанами не входила в его обязанности, действия проводились в порядке собственной инициативы. Впрочем, «мальчику из Уренгоя» 21 год! Можно привести множество примеров, когда граждане, мужчины в возрасте от 11 до 16 лет поднимали восстания, водили в атаку полки или армии, руководили государствами. И никто, кроме матерей и любимых, не называл их мальчиками. Вероятно, использование слова «мальчик» по отношению к ..., скажем так, великовозрастному члену делегации, выступавшему в бундестаге, свидетельствует о его неполноценности?

...

25 января 1942 года Уваровка была освобождена, а 7 февраля в газете «Правда» была помещена заметка корреспондента О.И. Курганова «Мать» о подвиге уваровской партизанки Александры Мартыновны Дрейман.

Показеев К.В.



ИЗ МОСКВЫ ДО ВЛАДИВОСТОКА НА МАШИНЕ

Широка страна моя родная,
Много в ней лесов, полей и
рек.

Я другой такой страны
не знаю,

Где так вольно дышит
человек!

*«Песня о Родине»,
музыка Исаака Дунаевского,
слова Василия Лебедева-Кумача,
из фильма «Цирк» режиссёра
Григория Александрова,
1936 год*

**Окончание. Начало смотри в № 146(5)**

Поздно вечером 14 августа приехали в Красноярск. Дорога шла все время вдоль Енисея. Купались, несмотря на жару в воздухе (выше 30 градусов) вода жутко холодная, не успевает прогреться даже в 300-километровом море, что выше плотины ГЭС. Енисей — крупнейшая река России, уступает по длине только Оби и Лене, но превосходит их по водосбору.

В Красноярске нас встретил мой студент Вадим Шахов, который переждал опасный период эпидемии вместе с родителями у себя дома. Красноярск, один из старейших городов Сибири, основан по указу царя Михаила Федоровича Романова как военный острог в 1628 году отрядом казаков во



главе с Андреем Дубенским. Один полный день в Красноярске мы отвели на 6-часовой пеший поход в Национальном парке «Красноярские столбы». Потом успели погулять и по городу. В Красноярске был похоронен граф



Николай Петрович Резанов (1764–1807), дипломат, руководитель первой русской кругосветной экспедиции, организатор Российско-американской компании, первый официальный посол России в Японии. В центре города,



практически на набережной, воздвигнут ему памятник, на предполагаемом месте захоронения установлена мемориальная плита. Трагическая история любви графа Резанова и молодой испанской красавицы Марии Консепсьон Аргуэльо легла в основу рок-оперы «Юнона и Авось» композитора Алексея Рыбникова и поэта Андрея Вознесенского, которая уже более 40 лет не сходит с театральных подмостков.

Красноярск гордится Дмитрием Хворостовским (1962–2017), всемирно известным певцом-баритоном, выпускником Красноярского института искусств. Красноярский государственный театр оперы и балета носит имя Д.А. Хворостовского. Часть его праха покоится в Красноярске на территории Сибирского государственного института искусств имени Д.А. Хворостовского.



Уже совсем вечером успели побывать в музее «Пароход «Св. Николай», который расположен на набережной Енисея в центре города. Пароход «Св. Николай» известен тем, что в 1891 году на нем путешествовал по Енисею будущий император Николай II, который возвращался в Санкт-Петербург из Японии. А в 1897 году на этом же пароходе переплывал реку В.И. Ленин, направлявшийся к месту своей ссылки в селе Шушенском.

Далее был Иркутск (от Красноярска за один день проехали 1100 км) — город, стоящий в нескольких десятках километров от Байкала на Ангаре — единственной вытекающей из



озера реке. Один из самых красивых и интересных городов на нашем пути. Путешествуя через Сибирь на Сахалин, Антон Чехов писал своему брату: «Из всех сибирских городов самый лучший Иркутск». Многие годы в Иркутске жил, учился и работал выдающийся русский писатель Валентин Распутин (1937–2015), который похоронен на территории Знаменского женского монастыря. В Иркутске хорошо сохранились целые ансамбли городских деревянных построек прошлых веков. Заметный вклад в культурное развитие Иркутска и всей восточной Сибири внесли декабристы, сосланные сюда, в Прибайкалье, на каторгу. В усадьбе, в которой проживал декабрист князь Сергей Петрович Трубецкой (1790–1860), организован Музей декабристов.

В прошлом по шелковому пути через Иркутск из Китая шли потоки товаров. На протяжении всего нашего путешествия с запада на восток мы практически всегда перемещались вблизи от Транссибирской железнодорожной магистрали. В 1908 году в центре Иркутска, на берегу Ангары, установлен памятник императору Александру III в честь окончания постройки Транссибирской железнодорожной магистрали (поставили на середине Сибирского отрезка рельсового пути).

Из Иркутска мы двинулись к Байкалу



и на пароме переправились на остров Ольхон. Ольхон — сердце Байкала и часть Прибайкальского национального парка. Проехав 35 км от парома (а остров протянулся с юга на север почти на 75 км) по засыпанному достаточно крупными камнями грейдеру, мы попали в столицу острова поселок Хужир. Прожили там три дня на турбазе, расположенной на берегу озера практически на песчаном пляже, метрах в 200 от кромки воды. Погода стояла жаркая, купались в Байкале регулярно, но вода очень холодная и волны, как на настоящем море. Совершили поездку на северный край острова. По пути постоянно открывались совершенно удивительные виды на прибрежные скалы и само озеро, уходящее за горизонт.



Говорят, что в Байкале очень много рыбы, самая знаменитая, а точнее легендарная, — это байкальский омуль, относится к семейству лососевых рода сиговых рыб. Рыба исчезающая, промышленный вылов под запретом с 2017 г. Закрылись многочисленные артели по вылову и завод по переработке рыбы. На берегу, раскрашенные граффити, «сохнут» брошенные рыболовецкие шхуны. На самом севе-



ро-восточном крае острова возвышается мистическая скульптурная композиция «Хранитель Байкала» всемирно известного российско-бурятского скульп-

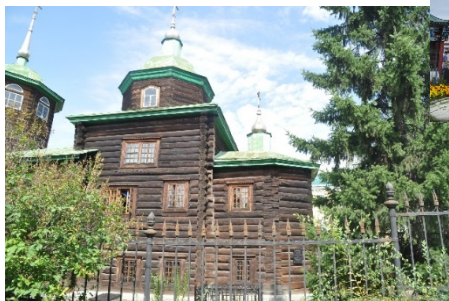


птора Даши Намдакова (р. 1967), которая с непреодолимой силой влечет к себе всех приезжающих на Ольхон.

Переправившись с Ольхона на пароме на материк и обогнув с юга Байкал, мы, проехав 750 км, добрались до Улан-Удэ — столицы Бурятии, где нас встретил коллега-физик из ИЯИ РАН Байярто Луджасобиев (является официальным представителем ИЯИ РАН в нейтринном мегапроекте JUNO, Китай). Утром следующего дня Байярто, как гид, провел для нас экскурсию по центру Улан-Удэ. Раньше город назывался Верхне-Удинск (стоит на реке Уде, «улан» по-бурятски значит «красивый»). В городе также протекает громадная река Селенга, самая полноводная из почти 200 впадающих в Байкал рек, дает до половины притока воды в озеро. Одной из главных достопримечательностей города является необычный и мощный памятник Ленину на центральной площади. Потом мы все вместе поехали за город в Иволгинский дацан — это буддийский



монастырь, официально считающийся центром буддизма в России. Здесь помимо буддийских храмов есть ещё и университет.



Поздно ночью, проехав ещё 750 км, добрались до Читы. Следующие полдня провели в городе. Главной достопримечательностью является деревянная церковь Михаила Архангела,

построенная в 1776 году. В ней сейчас располагается очень интересная экспозиция Музея декабристов.

После Читы нам предстоял, наверное, самый сложный технически и, в определенной степени, рискованный участок пути, когда за два дневных перегона мы должны были преодолеть 900 км до Сковородино и потом ещё 1100 км до Биробиджана. Этот участок пути в 2000 км проходит в



практически ненаселенных местах через глухие леса (тайгу), что покрывают гористую местность. Подготовились к неожиданностям, в том числе возможной необходимости заночевать где-то посередине одного из перегонов прямо в тайге. На этот случай у нас с собой был полный туристический комплект на 4 человека: палатка, спальные мешки, туристическая газовая горелка, походные стол и стулья, топор, лопата и мощный долгоиграющий фонарь. Также с собой в дальнем багажнике машины была ка-



нистра с соляжкой (в интернете писали, что на этом пути от Читы до Биробиджана могут возникать проблемы с заправками) и рация, которой обычно пользуются «дальнобойщики» при отсутствии мобильной телефонной связи. Практически на полпути от Читы у нас была ночевка в гостинице в захолустном городишке Сковородино. Гостиница представляла собой многоквартирную квартиру на первом этаже жилого дома. Санитарные удобства для всех номеров были общие и в коридоре. Цена проживания за ночь (завтрак в принципе отсутствовал) была сравнима с ценой номера московской 3-х звездной гостиницы. Это и понятно, ведь ближайшие гостиницы находились примерно на расстоянии в тысячу километров от Сковородино.

К нашей большой радости, мы без особых приключений добрались до Биробиджана — столицы Еврейской автономной области, которая простирается между реками Бира и Биджан (в переводе с эвенкийского «Биробиджан» означает «стойбище на Бире»). ЕАО была образована в 1934 году, и сюда съезжались этнические евреи не только из республик СССР, но бывшие граждане Аргентины, США, стран Европы и Палестины. К середине 30-х годов прибыло более полутора тысяч семей. Некоторым из переселенцев пришлось

проделать долгий и длинный путь на телеге, что увековечено памятником на привокзальной площади. На одной из цен-



тральных площадей установлен памятник еврейскому писателю и мыслителю Шолом-Алейхему (1859–1916), который был одним из первых, кто начал писать на идише. Сейчас в Биробиджане дома отмечены табличками на русском и идише.



Завершающий этап нашего путешествия мы провели в Хабаровске и Владивостоке. Пребывание в каждом из этих городов (бывшей и теперешней столицах Дальнего Востока) заслуживает отдельного отчета. Сейчас же, по понятным причинам, будем кратки. Хабаровск (назван в честь одного из самых замечательных путешественников и первооткры-

вателей русских земель Ерофея Хабарова, 1603–1671) получил статус города в 1888 году. Закрепление за Россией обширных земель Восточной Сибири связано с именем графа Николая Николаевича Муравьева-Амурского (1809–1881), генерал-губернатора Восточной Сибири, который с 1854 года проводил переговоры с китайским правительством. В 1858 году был, наконец, заключен Айгунский трактат, по которому левый берег Амура стал российским, а река до самого устья стала границей России с Китаем. Благодарные потомки увековечили память генерал-губернатора, и в 1891 году памятник Муравьеву-Амурскому работы академика А. М. Опекушина (автор памятника А.С. Пушкину в Москве и многих других по всей Российской империи) был поставлен над Амуром на вершине Хабаровского утёса. Взгляд графа направлен через Амур в сторону Китая. Памятник стал самым крупным по размерам монументом в дореволюционной России — его высота достигала 16 метров. Однако в лихие послереволюционные годы памятник «царскому вельможе» был снесен, а затем и полностью уничтожен.



Усилиями ленинградского скульптора Л.В. Аристова памятник воссоздан и установлен на прежнее место в 1992 году.

Достопримечательностью Хабаровска является мост через реку Амур — одну из самых больших рек в мире (занимает 8-е место среди великих рек по водосбросу). Мост известен практически каждому из нас — он изображен (как и памятник Муравьеву-Амурскому) на пятидесятичной купюре. Железнодорожный мост через Амур (был назван именем наследника цесаревича Алексея Николаевича) открыт в 1916 году и завершил строительство Транссибирской магистрали, что запустило сквозное движение на пути Петроград–Хабаровск–Владивосток по родной земле, минуя Манчжурию. В 1908 г. в Париже на Всемирной выставке проект Амурского моста (как и Эйфелева башня) был награжден золотой медалью.





Последние три дня нашего путешествия мы провели во Владивостоке. Город был основан в 1860 году по указу генерал-губернатора Восточной Сибири графа Муравьева-Амурского. Название города образовано от слов «владеть» и «Восток». С 1888 года — административный центр Приморской области (края), в настоящее время — Дальневосточного федерального округа. Город — бурлящий, многолюдный, с оживленным транспортным движением на улицах (машины в подавляющем большин-



стве праворульные). Конечный пункт Транссибирской магистрали, один из крупнейших российских морских портов дальневосточного бассейна и главная база военного Тихоокеанского флота. Много гуляли по городу, были, наверное, в одном из лучших музеев во время всего нашего путешествия — Музее истории Дальнего Востока имени В.К. Арсеньева. Это — первый на Дальнем Востоке краеведческий музей, крупнейший музей Приморского края. В музее представлена история и природа Приморского края, собраны коллекции материалов о деятельности исследователей края — Н.М. Пржевальского и других. Почти полный день провели на острове Русский, где попали (по договоренности и с разрешения руководства университета, несмотря на карантинные ограничения) внутрь главного корпуса Дальневосточного федерального университета, который основан в 2011 году и объединил несколько вузов города. С 2013 года главный кампус университета расположен на острове Русский (всего было построено порядка 70 зданий за 4 года к саммиту АТЭС, который проходил во Владивостоке в 2012 году). Там же, на острове Русском, купались в море — вода градусов 22–23, бурлящие волны, казалось, как на океане, хотя это — Японское море.

В последний день наш во Владивостоке шел непрерывно сильный, но с мельчайшим каплями, дождь. Хотя было очень тепло. Местные нам говорили, что такая погода — предвестник надвигающегося шторма. Что и произошло через день после нашего благополучного отлета из Владивостока в Москву 30 августа.

*Профессор Александр Студеникин,
кафедра теоретической физики*

МИХАИЛ ИГОРЕВИЧ ПАНАСЮК

(14.08.1945 – 03.11.2020)

Администрация Научно-исследовательского института ядерной физики с глубоким прискорбием сообщает, что 3 ноября на 76-м году жизни скоропостижно скончался директор института профессор Михаил Игоревич Панасюк.

Михаил Игоревич Панасюк в 1967 году окончил физический факультет МГУ, в 1972-м — аспирантуру и в том же году защитил кандидатскую диссертацию, а в 1988 году — докторскую диссертацию. В 1993 году М.И. Панасюку присуждено ученое звание профессора. Вся жизнь Михаила Игоревича была связана с Научно-исследовательским



институтом ядерной физики, в котором он проработал более 50 лет, из них почти 30 лет — в должности директора.

Научные интересы М.И. Панасюка были связаны с физикой космоса: исследованием космической радиации, магнитосфер планет и космических лучей с помощью космических и наземных экспериментов.

В результате пионерских экспериментальных исследований на спутниках Земли, автором которых является М.И. Панасюк, получены фундаментальные научные результаты: доказана возможность резонансного ускорения ионов в радиационных поясах Земли под действием квазипериодических флуктуаций магнитного поля, определена роль радиальной диффузии частиц радиационных поясов при воздействии флуктуаций электростатического и магнитных полей. Приоритеты в этой области признаны зарубежными специалистами. Широкую международную известность получили инициированные М.И. Панасюком исследования кольцевого тока в магнитосфере, ответственного за генерацию геомагнитных бурь и роли ионосферного кислорода как основного компонента кольцевого тока, определяющего, наряду с протонами солнечной плазмы, энергетику геомагнитных бурь.





М.И. Панасюк — автор уникальных экспериментов по изучению аномальных космических лучей, выполненных на спутниках, которые привели к открытию нового явления в околоземном пространстве — формирования радиационного пояса Земли, состоящего из частиц аномальных космических лучей — и доказательству его связи с нейтральными частицами межзвездного газа.

Под руководством М.И. Панасюка осуществлены четыре международных эксперимента (АТИС) на высотных аэростатах в Антарктике по изучению космических лучей в малоизученном интервале энергий. Он являлся одним из координаторов работ по развиваемому в настоящее время проекту "Тунка" — совместной астрофизической обсерватории МГУ и Иркутского университета вблизи озера Байкала, — направленному на исследование космических лучей высоких энергий.

М.И. Панасюк инициировал и осуществил с сотрудниками института многочисленные космические эксперименты на спутниках, которые легли в основу Программы космических исследований МГУ им. М.В. Ломоносова. Среди них: спутники "Татьяна-1" (2005) и "Татьяна-2" (2009), в которых были получены экспериментальные результаты по экстремальным явлениям в атмосфере Земли: транзитным электрическим разрядам в ее верхних слоях. Под его руководством были осуществлены космические эксперименты на борту спутника "Вернов" (2014), связанные изучением воздействия космической радиации на верхние слои атмосферы и исследованием динамики радиационных поясов Земли и эксперимент "Нуклон" — по изучению химического состава галактических космических лучей. М.И. Панасюк был научным руководителем экспериментов на борту уникальной астрофизической лаборатории — Российского университетского спутника «Ломоносов» (2016).

Помимо фундаментальных космических исследований, М.И. Панасюк руководил проведением научных и прикладных экспериментов по мониторингу космической радиации на борту российских метеорологических спутников серий "Метеор", "Электрон", "Глонасс" и "Космос" и Международной космической станции.

Научные исследования М.И. Панасюка были отмечены премией Минвуза СССР (1985), премией им. М.В. Ломоносова (1999). Он являлся Отличником высшей школы (1987) и Заслуженным работником высшей школы РФ (2005).

М.И. Панасюк вел активную преподавательскую деятельность на физическом факультете МГУ. С 1992г. профессор М.И. Панасюк руководил отделением ядерной физики физического факультета МГУ, а с 2005 года возглавлял кафедру физики космоса ОЯФ. Он разработал и читал оригинальные спецкурсы "Введение в космофизику" и «Физика



Солнца и солнечно-земных связей» для студентов, специализирующихся в области космической физики. Под его руководством двенадцать аспирантов физического факультета и сотрудников института подготовили и защитили кандидатские диссертации.

М.И. Панасюк являлся председателем диссертационного совета МГУ.01.05, председателем Ученого совета НИИЯФ, членом Ученых советов МГУ и физического факультета МГУ, членом бюро Совета РАН по космосу, Председателем Научного совета РАН по комплексной проблеме "Космические лучи", членом бюро Комитета по космическим исследованиям (COSPAR), председателем рабочей группы «Космическая среда» ИСО, членом многочисленных российских и международных научных сообществ, а также членом редколлегий научных журналов «Космические исследования», «Ядерная физика», «Известия Российской академии наук. Серия физическая» и *Journal of Astrobiology and Outreach*.

Михаил Игоревич Панасюк многое сделал для популяризации науки. Он умел просто и доходчиво объяснить самые сложные явления и процессы даже несведущему в космофизике человеку. Много выступал с научно-популярными лекциями, всегда вызывая живейший интерес у слушателей, вне зависимости от их подготовки.

Михаил Игоревич с большим интересом и энтузиазмом относился ко всем новым идеям, был всегда готов обсуждать оригинальные и нестандартные подходы к решению проблем, как в науке, так и вне ее. Он уважительно и доброжелательно относился ко всем сотрудникам института, всегда был готов помочь во всех вопросах. Особое внимание Михаил Игоревич уделял молодежи, всегда шел им навстречу, приветствовал все начинания.

Михаил Игоревич — замечательный ученый и человек, всегда доброжелательный, он отличался исключительным талантом вдохновлять нас — своих коллег — на большие свершения. Он провел институт через сложные девяностые, под его руководством мы вступили в новую эпоху серьезных преобразований. Конечно, нам всем будет его очень не хватать. Особо хотелось бы сказать о его даре преподавателя. Его уважительное и доброе отношение к студентам навсегда останется примером для преподавателей кафедры и отделения ядерной физики.

Память о Михаиле Игоревиче Панасюке, выдающемся ученом и талантливым руководителе, навсегда сохранится в сердцах тех, кому выпала удача с ним работать или просто общаться. Администрация и сотрудники института выражают глубокие соболезнования родным и близким.

**ПАМЯТИ
ВЛАДИСЛАВА РУСТЕМОВИЧА ХАЛИЛОВА**

(30.10.1942 – 20.12.2020)



20 декабря 2020 года на 79-м году жизни после тяжелой болезни скончался профессор кафедры теоретической физики Владислав Рустемович Халилов.

В. Р. Халилов окончил физический факультет МГУ в 1966 г. С 1969 г. он работал на кафедре теоретической физики (с июля 1975 г. по январь 1980 г. — на кафедре квантовой теории) физического факультета МГУ, с 1982 г. — в должности профессора; ученое звание профессора по кафедре теоретической физики присвоено ему в 1984 г.



Профессор В. Р. Халилов — известный физик-теоретик. Его отличал широкий круг научных интересов: им получены фундаментальные результаты в теории электрослабых взаимодействий, теории радиационных квантовых поправок, теории рождения частиц в сильных электромагнитных и гравитационных полях, теории вакуума в термостате в сильном внешнем поле, теории нелинейных квантовых процессов с участием частиц высоких энергий в сильных полях. В последние годы жизни он исследовал эффекты в теориях со спонтанным нарушением симметрии и квантовые макроскопические эффекты в двумерных системах, в частности квантовое движение релятивистских заряженных фермионов в сингулярных потенциалах в $2+1$ измерениях. При изучении уравнения Дирака с сингулярными внешними потенциалами возникает проблема полноты некоторых найденных наборов точных решений уравнения Дирака, так как гамильтониан Дирака требует доопределения для того, чтобы его можно было трактовать как самосопряженный квантовомеханический оператор. В этом случае существует целое семейство самосопряженных гамильтонианов, поэтому сначала необходимо найти все самосопряженные расширения данного оператора и затем выделить корректный самосопряженный гамильтониан с помощью физически приемлемых граничных условий, что и было сделано в работах В. Р. Халилова.

Успешная и плодотворная научная работа В. Р. Халилова гармонично сочеталась с педагогической. Профессор В. Р. Халилов был блестящим лектором. С 1982 г. он читал базовый курс лекций «Теоретическая механика», пользующийся неизменным успехом у студентов физического факультета. Ему удалось создать глубокий и насыщенный современный курс лекций, являющийся основой для всего курса теоретической физики на факультете. Для студентов-теоретиков кафедры профессор В. Р. Халилов прочитал ряд специальных курсов, знакомящих студентов с последними достижениями теоретической физики: «Теория лазеров на свободных электронах», «Теория квантовых макроскопических явлений в сильных внешних полях», «Физические процессы в сильных гравитационных полях черных дыр», «Квантовая электродинамика процессов в сильных внешних полях», «Квантовые эффекты с участием фермионов во внешних полях».

Им подготовлено около 20 кандидатов наук (трое из них защитили докторские диссертации).

В. Р. Халиловым опубликовано свыше 160 научных работ, включая ряд учебников и монографий: «Синхротронное излучение и его применения», «Точные решения релятивистских волновых уравнений», «Взаимодействие заряженных частиц с сильным электромагнитным полем», «Электроны в сильном магнитном поле», «Динамика классических си-



стем», «Electrons in strong electromagnetic fields: an advanced classical and quantum treatment».

В. Р. Халилов был членом редколлегии журнала International Journal of Mathematics and Mathematical Sciences, рецензентом журналов «Теоретическая и математическая физика», Physical Review и других; он уделял большое внимание работе со школьниками, будучи членом жюри ежегодных конференций школьников «Потенциал» (с 1993 г.).

Трудовая и научная деятельность профессора В. Р. Халилова на физическом факультете МГУ была отмечена премией и медалью Госкомитета СССР по народному образованию «Лучшая научная работа», медалями «Ветеран труда» и «В память 850-летия Москвы».

Мы сохраним светлую память о Владиславе Рустемовиче Халилове — замечательном человеке, ученом и педагоге.

Сотрудники кафедры теоретической физики

СОВЕТСКИЙ ФИЗИК

2(148)/2021
(апрель–май)



Регулировщица
Мария Шальнова,
Берлин, 1 мая 1945 г.

ОРГАН УЧЕНОГО СОВЕТА, ДЕКАНАТА
И ОБЩЕСТВЕННЫХ ОРГАНИЗАЦИЙ
ФИЗИЧЕСКОГО ФАКУЛЬТЕТА МГУ
2021



ПОЗДРАВЛЕНИЕ ПРОФЕССОРА Н.Н. СЫСОЕВА, ДЕКАНА ФИЗИЧЕСКОГО ФАКУЛЬТЕТА МГУ, С ДНЁМ ПОБЕДЫ

Дорогие Ветераны физического факультета, наши сотрудники, студенты и аспиранты!

От всей души поздравляю Вас с Победой советского народа в Великой Отечественной войне!! День Победы — бесценное достояние нашего народа, это память о бессмертном подвиге народа в годы войны, самоотверженно отстоявшего свободу и независимость Отчизны.



Невозможно переоценить вклад сотрудников и учащихся Московского университета в Победу над немецко-фашистскими захватчиками. С начала войны сотрудники физического факультета полностью перестроили свои научные планы, подчинив их нуждам фронта. В кратчайшие сроки был выполнен ряд работ, имевших большое оборонное значение. Перечислим лишь наиболее важные из них.

Сотрудники кафедры оптики (В.Ф. Смирнов, А.И. Акимов и др.) под руководством доцента Ф.А. Королева разработали спектральную аппаратуру для экспрессного спектрального анализа металлов и сплавов, использованную при выпуске самолётов, танков и автомашин. В.Ф. Смирнов за эти работы был удостоен Сталинской премии (1946). В 1942–1944 гг. Ф.А. Королев принял активное участие в исследованиях кумулятивных боеприпасов. Результаты работы были использованы на фронте для борьбы с танками и самоходными орудиями.

На кафедре магнетизма под руководством профессора Н.С. Акулова были созданы дефектоскопы (М.В. Дехтяр, Д.И. Волков), позволявшие обнаружить скрытые внутренние дефекты в деталях машин, и приборы для контроля качества термообработки продукции машиностроительных заводов. В 1943–1944 гг. М.В. Дехтяр сконструировал и внедрил в производство термоэлектрический прибор для сортировки стали, предназначенной для изготовления корпусов бронебойных снарядов. Профессор Е.И. Кондорский и доцент М.А. Грабовский участвовали в разработке средств защиты военно-морских кораблей от магнитного минно-торпедного оружия противника. Серия электромагнитных приборов для авиационной промышленности и производства бронебойных снарядов



была разработана Е.И. Кондорским, Р.В. Телесниным, Н.Л. Брюхатовым и их сотрудниками.

На кафедре тепловых и молекулярных явлений под руководством профессора А.С. Предводителява были проведены исследования процессов горения. Полученные результаты использовались в авиационной промышленности, при борьбе с танками и самоходными орудиями. Доцент М.Д. Карасев участвовал в конструировании прибора слепой посадки самолета и прибора, позволявшего предупреждать пилота об опасном режиме работы двигателя.

Профессор В.В. Мигулин разрабатывал системы фазовой радионавигации и участвовал в создании радиолокатора для авиации (Сталинская премия, 1946). Профессор Б.В. Ильин проводил работы по химической защите, в частности по совершенствованию дымозащитных фильтров в противогазах. Под его руководством И.А. Яковлев и В.Ф. Киселев разработали портативный прибор для противогазов.

В годы войны ряд ученых физического факультета были эвакуированы в Казань. Здесь они вели научно-исследовательские работы, имевшие большое оборонное значение. Член-корреспондент АН СССР Г.С. Ландсберг руководил разработкой новых методов эмиссионного спектрального анализа и использовал их для контроля качества плаволегких и цветных сплавов на оборонных заводах. Были разработаны простые и надежные стилоскопы, позволявшие проводить экспрессные анализы не только в заводских, но и в полевых условиях. Г.С. Ландсберг и П.А. Бажулин разработали методы молекулярного спектрального анализа, с помощью которых устанавливался состав трофейных бензинов.

Под руководством профессора В.Л. Левшина были синтезированы кристаллофосфоры, дающие яркую вспышку под действием инфракрасного излучения. Полученные экраны монтировались в типовые полевые и морские бинокли. Эти приборы ночного видения были приняты на вооружение Красной Армии и широко использовались при выводе караванов судов из северных портов. За цикл работ по вспышечным кристаллофосфорам В.Л. Левшин и руководимый им коллектив были отмечены премией АН СССР им. Л.И. Мандельштама (1947), а затем Сталинской премией (1952).

В годы войны под руководством С.И. Вавилова были завершены предвоенные работы по созданию высокоэкономичных источников света — люминесцентных ламп, которые были внедрены на Московском электроламповом заводе. За эту работу С.И. Вавилов, В.Л. Левшин, В.А. Фабрикант и их сотрудники были удостоены Сталинской премии (1951).

В Казани С.П. Стрелков создал прибор, с помощью которого можно было изучать процесс обтекания крыла самолета воздушным потоком.



Одновременно изучалась возможность проводить испытания самолетов и их отдельных конструкций в аэродинамической трубе малых размеров.

В связи с необходимостью борьбы с акустическими минами под руководством профессора С.Н. Ржевкина были проведены исследования шумов речных судов. Были также изучены шумы самолетов и разработаны методы их глушения. Д.И. Блохинцев и Ю.М. Сухаревский разработали методы обнаружения самолетов по создаваемому ими шуму.

Член-корреспондент АН СССР Д.В. Скобельцын возглавил работы по созданию аппаратуры для акустического обнаружения самолетов. При этом была использована методика, разработанная им ранее для исследования космических лучей. Созданная аппаратура прошла успешные испытания. Кроме того, в лаборатории Скобельцына был создан прибор для контроля клапанов авиационных моторов с помощью рентгеновских лучей (О.Н. Вавилов, В.И. Векслер, Н.А. Добротин), а также прибор для определения толщины стволов стрелкового оружия при помощи гамма-лучей (Н.А. Добротин, И.М. Франк).

Член-корреспондент АН СССР В.В. Шулейкин разработал теорию расчета морских переправ. Составленные им таблицы с успехом использовались при прокладке «Дороги жизни» по льду Ладожского озера. Шулейкин занимался также вопросами штурманского и гидрографического вооружения. Им был сконструирован баронивелир — прибор для определения высоты навигационных знаков и огней на берегах.

Воин-альпинист, будущий профессор А.М. Гусев, участвовавший в водружении знамени Родины над Эльбрусом, в 1944 г. был отозван с фронта в Океанографический институт. Здесь под его руководством была решена одна из сложнейших задач гидроаэромеханики судна, касающаяся его дрейфа, рыскания и управляемости при наличии ветра. Был разработан и построен прибор для нахождения суммарной поправки на действие ветра при определении места корабля в море.

За все время войны с физического факультета ушло свыше 550 человек в Красную Армию, народное ополчение, в коммунистические и истребительные батальоны. Фронтовики воевали в стрелковых войсках, артиллерии, были танкистами, связистами, минометчиками, огнеметчиками, военными переводчиками и медсестрами, служили в авиации и на Военно-морском флоте.

Ветераны сражались на всех 39 фронтах, развернутых во все время ВОВ. Из всех крупных битв едва ли найдется одна, в которой бы не участвовал хотя бы один из ветеранов нашего факультета. Около 400 физфаковцев стали фронтовиками; 150 вернулись в университет для продолжения учебы или работы. 128 человек отдали свои жизни, защищая Родину; почти все они погибли в боях на территории Советского Союза, лишь трое — в Польше и Восточной Пруссии. За все военные и послевоенные годы на физический факультет пришли около 200 участников Ве-



ликой Отечественной войны — бывших фронтовиков, студентов и аспирантов, — в большинстве своем они стали профессорами и доцентами, докторами и кандидатами наук, преподавателями и учеными.

Дорогие ветераны, мы склоняем головы перед вами, перед теми, кто сражался на фронтах и приближал Победу своим героическим трудом в тылу! Мы говорим спасибо за ваш самоотверженный труд и в послевоенные годы! Низкий поклон за ваш бессмертный исторический подвиг! Мы желаем вам доброго здоровья и мирного неба над головой!

*Декан физического факультета МГУ
профессор Н.Н.СЫСОЕВ*

ДОЙДЕМ ДО БЕРЛИНА

Удивительное дело! Если спросить любого москвича, знает ли он Василия Ивановича Голосова, ответ будет отрицательный. На деле каждый из спрашиваемых прекрасно знает Героя Советского Союза Василия Ивановича Голосова в лицо!

Как такое может быть?!

Но кто же не знает русо-голового красавца с плакатов Великой Отечественной войны «Дойдем до Берлина!» и «Дошли!»?

Так вот, на плакатах изображен наш земляк Василий Иванович Голосов.

Причем на втором плакате дважды: он стоит на фоне плаката «Дойдем до Берлина!».

На плакатах наш герой улыбается. Эта чарующая улыбка вселяла уверенность бойцов в неизбежность Победы. Но судьба улыбающегося героя трагична.

Василий Голосов родился в 1911 году в городе Белеве Тульской губернии, окончил





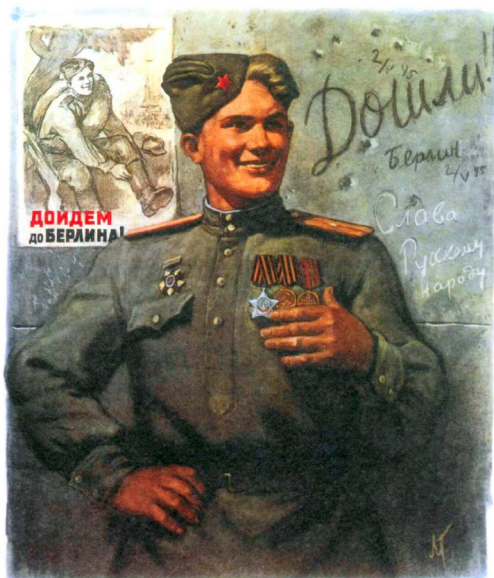
пять классов, поступил на работу, на сушильном заводе проработал до призыва в Красную Армию. Отслужив, он переехал в Москву, где работал завхозом в одной из средних школ.

Когда началась Великая Отечественная война, Василия Голосова вновь призвали в армию. Попал в 25-ю Гвардейскую стрелковую дивизию. (Впоследствии это 25-я Гвардейская стрелковая Синельниковско-Будапештская Краснознаменная, орденов Суворова и Богдана Хмельницкого имени Чапаева дивизия. Не путать с 25-ой Чапаевской стрелковой дивизией, героически защищавшей Одессу, Севастополь и погибшей в Севастополе.)

В первых боях лета 1942 г. Василий проявил себя метким стрелком. Командование обратило на него внимание — и он стал начинателем снайперского

движения в дивизии. В сентябре 1942 г. Голосов поехал на Всесоюзный слет снайперов, уже имея на счету несколько десятков убитых врагов. Но Голосов не только метко стрелял, оказалась, что он обладал прекрасными навыками преподавателя и воспитателя. Скоро он уже командовал взводом снайперов, а затем, получив звание лейтенанта, уже снайперской ротой. Его подразделение неоднократно направлялось на сложные участки фронта и выполняло поставленные задачи. В одном из боев Голосов был ранен, но после операции и лечения он вернулся в свою роту. О Василии Голосове неоднократно писали фронтовые газеты, за ним охотились не только журналисты, но и вражеские снайперы.

16 августа 1943 года во время боёв в Изюмском районе Харьковской области Гвардии лейтенант Василий Голосов был убит не снайпером, а осколком немецкого снаряда. К этому времени на его личном счету было 422 уничтоженных гитлеровца, из которых 70 являлись снайперами. Но

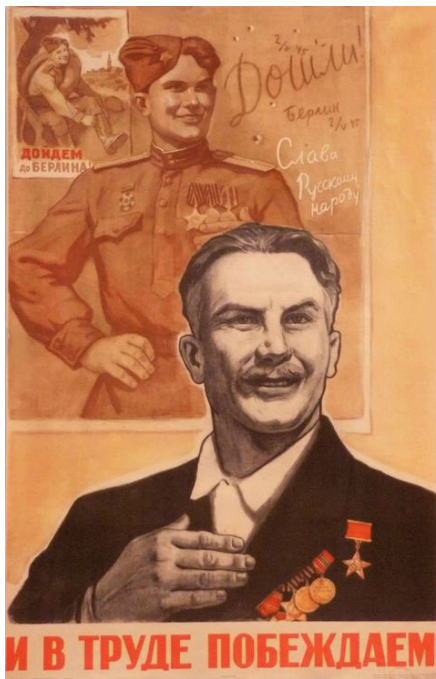


**КРАСНОЙ АРМИИ
СЛАВА!**



главное — он успел подготовить 170 снайперов, которые уничтожили более 3500 солдат и офицеров врага.

Указом Президиума Верховного Совета СССР от 26 октября 1943 года за мужество и отвагу, проявленные в многочисленных боях, за уничтожение 422 гитлеровцев гвардии лейтенанту Василию Ивановичу Голосову было присвоено звание Героя Советского Союза (посмертно).



Только в 1944 году военный художник лейтенант Леонид Голованов создал военный агитплакат «Дойдём до Берлина!», на который он поместил Василия Голосова, который был хорошо знаком художнику по публикациям, но которого уже не было в живых.

Уже после войны Леонид Голованов создал ещё один плакат, который хорошо известен и сегодня, — «Красной Армии — слава!». И опять на плакат он поместил полубившегося Василия Голосова, стоящего на фоне стены Рейхстага, на которой висит плакат «Дойдём до Берлина!». Среди росписей солдат-победителей на стене видна надпись, перекликающаяся с первым плакатом — «Дошли!» и более скромная — «Слава Русскому

народу». Интересно, что сейчас при воспроизведении данного плаката последняя надпись иногда убирается.

В 1962 г. художник Голованов создал третий плакат, завершающий эту славную серию — «И в труде побеждаем».

На нём всё тот же, немного поседевший, но по-прежнему очаровательно улыбающийся Василий Голосов, грудь которого украшают медали, ордена и Звезда Героя Советского Союза.

Так Герой Советского Союза Василий Иванович Голосов, погибший в 1943 году, обрёл бессмертие в образе героя-победителя, героя-труженика.

Показеев К.В.



УЧЁНЫЕ МГУ ПРИЗНАНЫ САМЫМИ ВЫСОКОЦИТИРУЕМЫМИ СОГЛАСНО ДАННЫМ ELSEVIER

Четверо сотрудников Московского университета стали лауреатами престижной международной премии Research Excellence Award Russia 2021. Премия этого года проводится совместно с Российским союзом ректоров и приурочена к Году науки и технологий в России. Профессор физического факультета Игорь Биленко, ведущий научный сотрудник Научно-исследовательского института ядерной физики МГУ Василий Тарасов и профессор факультета психологии Тамара Гордеева стали самыми продуктивными и высокоцитируемыми исследователями, а ведущий научный сотрудник факультета почвоведения Алексей Качалкин победил в номинации «Молодой учёный». Московский университет также получил отдельную награду за вклад в исследования по приоритетам научно-технологического развития Российской Федерации.

Премия Research Excellence Award Russia 2021 — продолжение десятилетней традиции награждения выдающихся исследователей России и часть глобальной инициативы Elsevier по поддержанию деятельности учёных. Впервые данная премия была вручена в Китае в 2004 году. Сегодня премии самым публикуемым и цитируемым авторам и организациям вручаются в Европе и России, странах Латинской Америки и Азии. Вклад отдельного исследователя или организации в развитие науки на национальном и международном уровне учитывает количество опубликованных научных статей, их цитируемость в журналах международного уровня (по данным БД Scopus) и экспертную оценку.

Говоря о премии, президент Российского союза ректоров, ректор МГУ имени М.В. Ломоносова В.А. Садовничий отметил, что сегодня российские учёные демонстрируют выдающиеся достижения в самых разных областях науки, а многие исследования проводятся отечественными университетами, которые служат площадками, обеспечивающими не только передачу знаний, но и их производство. По этой причине именно университетская наука составляет ядро национальных научных школ и новое поколение их лидеров. Виктор Антонович выразил уверенность, что они станут достойными продолжателями устоявшихся традиций.

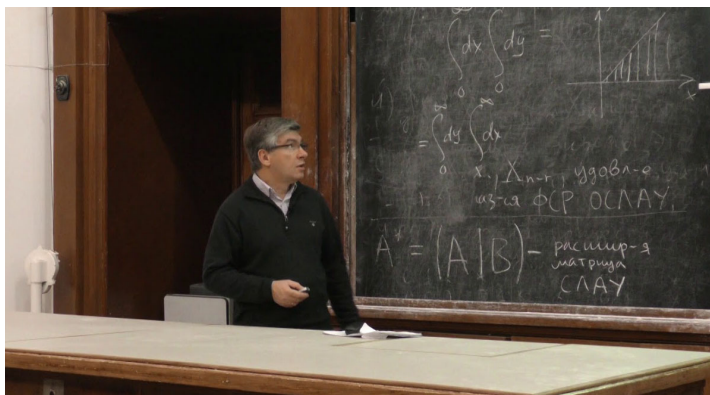
Коротко об учёных-победителях

Профессор кафедры физики колебаний физического факультета Игорь Антонович Биленко, победитель в номинации «Физические науки» — выдающийся специалист в области гравитационных волн, член коллаборации LIGO, которая впервые зарегистрировала гравитационные волны. В области его научных интересов находятся предельные измере-



ния, квантовые измерения, стандарты времени и частоты, детекторы гравитационных волн.

Победителем в номинации «Математика» стал ведущий научный сотрудник Научно-исследовательского института ядерной физики имени Д.В. Скобельцына Василий Евгеньевич Тарасов, специалист в области теоретической физики и теории фундаментальных взаимодействий. Количество цитирований его статей в высокорейтинговых журналах по данным международных баз — более 3845. Индекс Хирша — 36.



*Профессор кафедры физики колебаний физического факультета
Игорь Антонович Биленко*



Ведущий научный сотрудник Научно-исследовательского института ядерной физики имени Д.В. Скобельцына Василий Евгеньевич Тарасов



Победителем в номинации «Психология» названа профессор кафедры психологии образования и педагогики факультета психологии МГУ Тамара Олеговна Гордеева — автор более 140 научных работ в области психологии мотивации, мотивации достижения, мотивации учебной и профессиональной деятельности, психологии оптимизма и конструктивного мышления личности.

Лучшим в категории «Молодой ученый» признан Алексей Владимирович Качалкин, ведущий научный сотрудник факультета почвоведения МГУ. Он изучает экологию и систематику дрожжевых грибов, дрожжевые грибы в экстремальных и малоизученных местообитаниях, географии дрожжевых грибов, описал более 20 новых видов. Учёный является представителем от России в Международной комиссии по дрожжам (ICY, IUMS).

https://www.msu.ru/science/main_themes/uchyenyemgu-priznany-samymi-vysokotsitiruemymi-soglasno-dannym-elsevier.html

ОСНОВАНИЯ ФУНДАМЕНТАЛЬНОЙ ФИЗИКИ КАК АКТУАЛЬНАЯ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКАЯ ПРОБЛЕМА

В данной статье хочу поделиться с читателями мнением о важности изучения на нашем факультете оснований фундаментальной физики. Особенно меня беспокоит отсутствие интереса к этому разделу физики у студентов нашего факультета. Это чрезвычайно важный раздел современной физики, который должен активно развиваться в стенах физического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова. В былые времена это направление развивалось в группе профессора Д.Д. Иваненко, в трудах академика И.Е. Тамма, профессора А.А. Власова и других известных профессоров физического факультета МГУ.

Это особенно важно в связи с созревшими ныне предпосылками для очередного существенного пересмотра представлений о физической реальности. Судить об этом мне позволяет более чем 60-летнее участие в исследованиях этой проблемы, начиная с участия в работе семинаров профессора Д.Д. Иваненко и анализа трудов классиков фундаментальной физики.

Постараюсь кратко пояснить сложившуюся ситуацию в фундаментальной теоретической физике. Ныне в ней выявилось наличие трех парадигм, в рамках которых производятся исследования. Их можно пояснить, исходя из представлений о сути второго закона Ньютона $ma=F$, содержащего характеристики трех ключевых категорий классической физики: 1) пространства-времени (ускорение a), 2) частиц (тел) (масса m),



помещенных в пространство и время, и 3) сил (F), точнее, полей, посредством которых осуществляются взаимодействия.

В XX веке осознанно или не очень физики стремились к уменьшению числа ключевых категорий. Стремилась к всеединству, но в XX веке удалось сократить их число до двух, причем тремя способами, объединяя различные пары в единую обобщенную категорию, сохраняя независимой третью. Так оказались сформированными три дуалистические парадигмы: теоретико-полевая (ныне доминирующая), геометрическая и реляционная.

Мне выпало, вслед за профессорами Д.Д. Иваненко и М.Ф. Широковым, в течение многих лет читать на физическом факультете лекции по классической теории гравитации. С полным основанием могу утверждать, что эта теория содержит не только теорию гравитации. Она представляет собой геометрический взгляд на всю физическую реальность. В ней категории пространства-времени и полей объединяются в единую категорию искривленного пространства-времени. В общей теории относительности нет отдельно пространства-времени и отдельно гравитационного поля, а вместо них вводится искривленное пространство-время. В рамках 5-мерной теории Калуцы геометризуется и электромагнитное поле, а в теориях более высокой размерности геометризируются также поля переносчиков электрослабых и сильных взаимодействий. При этом третья категория — частиц (тел) — считается независимой, вносится в правую часть уравнений типа Эйнштейна.

Большинство курсов теоретической физики, читаемых на физическом факультете МГУ и в других вузах, посвящены изложению квантовой механики, квантовой теории поля или квантовой теории элементарных частиц. Они читаются в рамках теоретико-полевой парадигмы, где как частицы, так и поля переносчиков взаимодействий объединяются в обобщенную категорию поля амплитуды вероятности, определенную на фоне независимой третьей категории — классического пространства-времени.

Но есть третья парадигма — реляционная, основанная на объединении категорий пространства-времени и частиц (тел) в категорию отношений. Идеи этой парадигмы были заложены в трудах Г. Лейбница, Э. Маха и ряда других мыслителей прошлого. Известно, что Лейбниц, обращаясь к сторонникам взглядов Ньютона (в письмах к Кларку), ставил вопрос: останется ли пространство, если из него убрать тела? Ньютон считал пространство (и время) абсолютными. Кстати, и сейчас большинство считает так же, а Лейбниц полагал, что в этом случае пространство теряет смысл. Так же считал и Э. Мах. О нем А. Эйнштейн писал: «Мах в девятнадцатом столетии был единственным, кто серьезно думал об исключении понятия пространства, которое он пытался заменить представлением о всей сумме расстояний между всеми материальными точками». Ис-



торики физики напоминают, что Эйнштейн, создавая общую теорию относительности, руководствовался реляционными идеями Маха и даже возвел часть их в ранг принципа Маха. Но затем, когда понял, что созданная им теория на самом деле оказалась основанной на иных принципах, он отрекся от идей Маха.

В настоящее время созрели условия для возрождения реляционных идей. Об этом все чаще высказывается ряд физиков, в том числе К. Ровелли, Ли Смолин, Б. Грин и другие. Более того, сейчас высказывается мысль, что главной проблемой фундаментальной теоретической физики XXI века является вывод понятий классического пространства-времени из более глубоких принципов, присущих физике микромира, – того, что Дж. Уилер называл предгеометрией. О важности этой проблемы писали Р. Пенроуз, Д. Ван Данциг, Е. Циммерман и другие авторы. В нашей стране сторонниками реляционной парадигмы были Я.И. Френкель, И.Е. Тамм, Г.В. Рязанов и некоторые другие физики.

Что долгое время препятствовало развитию реляционных идей? Не хватало подходящего математического аппарата, адекватного идеям реляционной парадигмы. Ныне такой аппарат создан. В последней трети XX века его основы были заложены в трудах Ю.И. Кулакова, выпускника физического факультета МГУ. Его руководителем в аспирантуре физфака МГУ был академик И.Е. Тамм, который, ознакомившись с идеями своего ученика, высоко их оценил и предсказал им большое будущее. Эта теория Кулаковым была названа теорией физических структур, хотя правильнее ее назвать «теорией систем отношений».

В наших работах эта теория была обобщена на случай бинарных систем комплексных отношений, пригодный для реляционной переформулировки содержания физики микромира. Эта теория опирается на следующие три составляющие: 1) реляционное понимание природы пространства-времени (как системы отношений между материальными объектами), 2) описание физических взаимодействий на базе концепции дальнего действия (без априорно заданного пространства-времени понятие поля теряет смысл) и 3) принцип Маха (обусловленность наблюдаемых свойств окружающего мира глобальными свойствами всей Вселенной). Отмечу, что все эти принципы противоречат общепринятым представлениям.

Уже проведенные исследования с использованием математического аппарата теории систем отношений вскрывают принципиально иной взгляд на многие проблемы современной физики, существенно отличающийся от общепринятых, причем это относится как к физике микро-, так и макромира. К их числу можно отнести следующие.

1) Обосновывается новый взгляд на интерпретацию квантовой механики. На реляционных принципах строится теория атомов, не опирающаяся на понятия классического пространства-времени и на общеприня-



тые в квантовой механике уравнения Шредингера, Клейна–Фока или Дирака.

2) Показано, что физические взаимодействия более первичны, нежели пространство-время, ныне самым существенным образом используемое для их введения в виде калибровочных теорий. Разные виды физических взаимодействий определяются минимальными рангами бинарных систем комплексных отношений.

3) В рамках реляционного подхода строится теория электрогравитации, в которой осуществляется неразрывное единство электромагнитных и гравитационных взаимодействий, чего стремились добиться создатели геометрической парадигмы: Г. Вейль, А. Эддингтон, сам Эйнштейн и другие. В этой теории гравитация предстает как своеобразное проявление электромагнетизма. Этот результат позволяет под новым углом зрения взглянуть на причины многолетних неудач в решении проблемы квантования гравитации.

4) Открывается новый взгляд на проблемы космологии и релятивистской астрофизики. В частности, предлагается иная интерпретация космологического красного смещения и тем самым ставится под вопрос ныне общепринятые представления о так называемом Большом взрыве. Известно, что сам Эйнштейн отвергал эту гипотезу и строил статическую космологическую модель. Известно также, что Леметр (аббат и физик) заявил Эддингтону, что космологические решения уравнений Эйнштейна (типа Фридмана) подтверждают Библию (о начале мира, которое можно считать творением Бога). Эддингтон тогда на это заявил, что его идея отвратительна.

Замечу, что мои учителя (профессор Д.Д. Иваненко и в какой-то степени академик В.А. Фок) резко возражали против неограниченного распространения выводов общей теории относительности как в микро-, так и в мегамир. Так, Фок писал: «Вообще любая физическая теория — пусть это будет даже теория тяготения Эйнштейна — имеет предел применимости, и неограниченно экстраполировать ее нельзя. Рано или поздно становится необходимым введение существенно новых физических понятий». Видимо, в отечественном научном сообществе возобладали взгляды академика Я.Б. Зельдовича и представителей группы Л.Д. Ландау, выступавших за неограниченную применимость общей теории относительности Эйнштейна.

Все эти вопросы обсуждаются на нашем еженедельном научном семинаре «Основания фундаментальной физики», продолжающем традиции семинара профессора Д.Д. Иваненко. Он регулярно работает на факультете на протяжении более 40 лет. В работе семинара, как правило, участвуют 30–40 человек из разных учреждений Москвы (и других городов). Однако, к сожалению, среди участников практически нет студентов



нашего факультета. Когда мы учились, на заседаниях семинара Иваненко присутствовало немало студентов. В 50–60-е годы посещение студентами научных семинаров было обязательным.

В заключение отмечу, что история обсуждения идей фундаментальной теоретической физики в нашей стране (и за рубежом) в XX веке была изложена в серии из 6 моих книг под общим названием «Между физикой и метафизикой». Мысли выдающихся мировых мыслителей о природе и свойствах пространства и времени от античности до наших дней изложены в сборнике «Природа пространства и времени (Антология идей)». В ряде книг и статей изложены результаты наших исследований в рамках реляционной парадигмы. Последние результаты можно найти в двух моих книгах, изданных уже в 2021 году под общим названием «Реляционная картина мира».

Кроме того, отмечу, что уже в марте этого года в издательстве УРСС была переиздана (с обширным моим предисловием) книга Э. Маха «Познание и заблуждение», незаслуженно раскритикованная В.И. Лениным в его произведении «Материализм и эмпириокритицизм» в пылу борьбы со своими оппонентами в рядах Российской социал-демократии в самом начале XX века. По этой причине эта книга в прошлом веке была изъята из общественных библиотек, в том числе и из библиотеки физфака МГУ.

Все указанные книги были переданы в библиотеку физического факультета МГУ.



*Профессор Ю.С. Владимиров,
кафедра теоретической физики*

УДИВИТЕЛЬНЫЙ И ЗАВОРАЖИВАЮЩИЙ НЕКЛАССИЧЕСКИЙ СЖАТЫЙ СВЕТ

Родоначальником исследований сжатого света был Давид Николаевич Клышко. Его день рождения 21 мая. Поэтому статья отчасти символична. Раньше каждый год в мае была конференция, посвященная его памяти.

Однажды после лекции один из студентов спросил, справедливо ли уравнение Шредингера на самом деле. И стало понятно, что не хватает конкретных примеров того, что квантовая физика не абстрактное поня-



тие, а действительно реальность. Одним из таких примеров может служить неклассический сжатый свет — квантовый объект, который можно увидеть на лабораторном столе. Быстрый прогресс экспериментальной квантовой оптики в последнее время привел к генерации различных неклассических состояний света, таких как бифотонные пары, однофотонные и Фоковские состояния, “сжатые” состояния и др. Сжатые поля и, в особенности, поля в состоянии «сжатого» вакуума, являются крайне интересными и перспективными квантовыми объектами. Что же получится, если сжать вакуум, и как это сделать? Сжатые поля можно получить, например, в процессе параметрического рассеяния света в средах с квадратичной нелинейностью, когда один фотон накачки рождает два фотона (сигнальный и холостой) с суммарной энергией, равной энергии исходного фотона накачки. Самое главное, что эти два фотона оказываются скоррелированными по целому ряду параметров: по пространству, по частоте и по времени. Спонтанное параметрическое рассеяние было впервые предсказано Д.Н. Клышко в 1966 г. Им же были заложены теоретические основы этого явления [1]. Сейчас это направление продолжают с успехом развивать его ученики.

При параметрическом рассеянии в случае малоинтенсивной накачки происходит рождение скоррелированных бифотонных пар. При большой интенсивности накачки, обеспечивающей высокий коэффициент параметрического усиления, в общем случае генерируются так называемые «пучки-близнецы», также скоррелированные друг с другом и характеризующиеся уже большим средним числом фотонов. Такие состояния света фактически являются макроскопическим квантовым объектом. Квантовые свойства такого света проявляются, прежде всего, в скоррелированности пучков-близнецов по числу фотонов. Хотя в каждом пучке число фотонов велико и характеризуется сильными флуктуациями, изменение числа фотонов в сопряженных пучках происходит синхронно, так что разность чисел фотонов в холостом и сигнальном канале всегда равна нулю. Конечно, в эксперименте эта величина отлична от нуля из-за различных потерь, которые сильно влияют на сжатые состояния и могут разрушить их уникальные неклассические свойства. Но даже в этом случае разброс значений оказывается существенно меньше дробового шума, что позволяет использовать сжатые состояния света для высокоточных измерений с очень малым уровнем шумов. В простейшем случае, если в один из каналов добавлен слабый сигнал, который необходимо измерить, то вычисление разности чисел фотонов в сигнальном и холостом пучке (по схеме совпадений) даст искомый сигнал с высокой степенью точности за счет вычитания шумов, одинаковых в сопряженных пучках. Еще одним важным неклассическим свойством такого света является малый разброс значений для разности или суммы полевых квадратур скоррелированных



полевых мод, который оказывается существенно меньше дисперсии вакуумного состояния. Это означает подавление квантовых флуктуаций для процесса измерения суммарного или разностного поля. Описанные свойства носят название двумодового сжатия.

В случае параметрического рассеяния в вырожденном по частоте режиме возможна генерация света в состоянии сжатого вакуума в одной частотной моде. В этом случае рождается только четное число фотонов. Такое полевое состояние является суперпозицией большого числа фоковых состояний с четными номерами. Распределение по числу фотонов очень плавно спадает с ростом числа фотонов и характеризуется дисперсией, которая квадратичным образом зависит от среднего числа квантов. В сравнении с когерентными состояниями света с пуассоновской фотонной статистикой, относительная ширина распределения сжатого вакуума существенно больше и увеличивается с ростом среднего числа квантов в поле. Хотя имеется значительная доля вакуумного состояния, вероятность обнаружить большое число фотонов в таком поле оказывается не мала, что является важным для возбуждения многофотонных процессов при взаимодействии такого света с веществом. Такое поле обладает подавленной дисперсией вдоль одной из полевых квадратур (квadrатурное сжатие), что означает уровень шумов существенно ниже «стандартного квантового предела». Это открывает новые возможности для различных метрологических приложений и реализации сверхточных измерений с пониженным уровнем шумов. Конечно, соотношение неопределенностей не нарушается, и по второй квадратуре характерный разброс значений очень большой.

Таким образом, сжатые поля обладают рядом уникальных неклассических свойств, которые сохраняются даже при весьма большом среднем числе фотонов. В настоящее время получены сжатые состояния со средним числом фотонов, превышающим 10^{15} в расчете на одну моду [2]. Такие поля обнаруживают высокую степень корреляций фотонов друг с другом, что является крайне перспективным для целого ряда практических приложений, таких как хранение и передача квантовой информации, квантовая криптография, квантовая телепортация, прецизионные квантовые измерения и т. д. Важным преимуществом сжатых состояний является их многомодовая структура, дающая новые возможности для кодирования квантовой информации.

Во многих случаях для практического использования важно уметь управлять модовым составом и перепутанностью генерируемого сжатого света. Однако в случае многомодовых ярких сжатых состояний с большим числом фотонов анализ множественных пространственно-частотных корреляций между фотонами представляет значительную трудность. В отличие от бифотонных пар яркие сжатые состояния характеризуются сильным перепутыванием фотонов в различных модах и не



могут быть описаны в рамках теории возмущений, в связи с чем возникает необходимость разработки новых непертурбативных теоретических методов и подходов.

Один из таких теоретических подходов был разработан в нашей группе [3]. Он базируется на введении новых коллективных независимых фотонных мод — мод Шмидта — и соответствующих им фотонных операторов. Обычно фотонное поле описывают в формализме плоских волн, которые отвечают конкретному значению частоты и направлению волнового вектора фотона. Моды Шмидта фактически характеризуют рождение/уничтожение фотона в целом непрерывном диапазоне частот и углов испускания. Преимущество такого подхода заключается в том, что различные моды Шмидта оказываются независимыми. Это дает возможность диагонализировать Гамильтониан и решить задачу даже для бесконечного числа мод. Математически, данная процедура позволяет перейти от непрерывно меняющихся переменных частота-угол к дискретным характеристикам, то есть амплитудам и вероятностям заселения различных мод Шмидта. В представлении Гейзенберга были получены и решены аналитически уравнения для операторов рождения/уничтожения фотонов в модах Шмидта. Найденная эволюция фотонных операторов позволяет получить аналитические выражения для любых характеристик сжатого света, включая различные корреляционные функции и усредненные распределения. При этом выходящее излучение, генерируемое при параметрическом рассеянии, оказывается просто некогерентной суммой распределений по частоте и выходному углу в различных модах Шмидта с учетом веса каждой моды. Профили мод Шмидта сильно зависят от системы нелинейных кристаллов и отражают все параметры процесса параметрической генерации. Например, в простейшем случае генерации в одном нелинейном кристалле пространственные моды определяются параметрами кристалла и накачки и оказываются близки к функциям Эрмита — Гаусса.

Физический интерес представляют более сложные экспериментальные схемы. Наиболее перспективной является схема, которая состоит из двух последовательно расположенных нелинейных кристаллов, разделенных какой-либо средой или просто воздухом и объединенных общей накачкой. По сути, такая схема представляет собой интерферометр, поскольку результат усиления нелинейного сигнала во втором кристалле существенно зависит от разности фаз, приобретенных нелинейными сигналами и накачкой в первом кристалле и в среде. Схема с интерферометром имеет целый ряд преимуществ, в том числе для решения ряда прикладных задач. Из-за эффектов интерференции среда между кристаллами существенно влияет на параметры выходного сигнала. Поэтому такая схема дает возможность высокоточного измерения характеристик раз-

личных сред. В случае параметрической генерации в сильно невырожденном по частоте режиме, когда частоты сигнального и холостого фотонов лежат в оптической и терагерцовой областях, данная схема была использована для прецизионных измерений показателя преломления различных сред в терагерцовом диапазоне частот. Поскольку регистрировать терагерцовое излучение достаточно трудно, все измерения проводились в оптическом канале. Однако из-за сильных корреляций между холостым и сигнальным фотонами такие измерения давали всю необходимую информацию о поле в терагерцовом диапазоне.

Интересно, что в схеме с интерферометром можно легко управлять модовым составом и весами мод Шмидта, варьируя параметры накачки, нелинейных кристаллов и среды между ними. Более того, имеется возможность «подсветить» ту или иную моду Шмидта, добавив на вход интерферометра излучение, хотя бы частично перекрывающееся по частотному или угловому спектру с одной из мод Шмидта. Это приводит к возможности «конструировать» пространственный профиль или спектр выходного излучения.

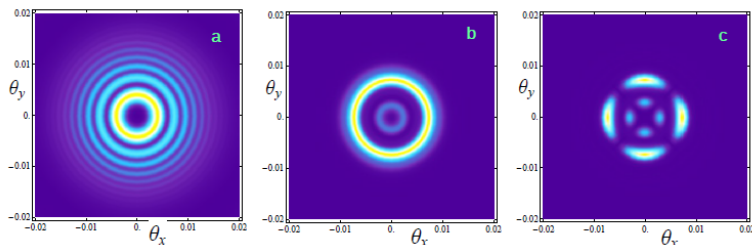


Рис. 1 Пространственные распределения излучения параметрического рассеяния на выходе интерферометра: (а) – набор мод Шмидта, (б) – выделение одной пространственной моды Шмидта, (с) – частичная подсветка одной из мод Шмидта

Примеры пространственных распределений излучения параметрического рассеяния, которые можно получить при различных подсветках сигнальной или холостой моды и параметрах интерферометра, представлены на рис. 1. Рисунок 1а соответствует режиму, при котором целый набор мод Шмидта вносит вклад в выходящий сигнал, на рисунке (б) представлен результат выделения одной моды Шмидта, а (с) демонстрирует возможности существенной вариации выходящего распределения при частичном перекрытии подсветки с одной из мод Шмидта. Такое управление пространственным профилем выходящего излучения оказы-



вается важным для различных практических приложений, включая создание различных квантовых интерфейсов. Аналогичные результаты были получены и по спектру. В целом удастся варьировать форму спектра выходного нелинейного сигнала в достаточно широких пределах, меняя относительные вклады мод Шмидта, имеющих сильно различающиеся профили, и выделяя, например, несколько характерных пиков в спектральном распределении. Также на основе схемы с интерферометром был разработан метод для управляемого усиления конкретной пары скоррелированных спектральных мод, частоты которых могут варьироваться в широких пределах [4]. Данная схема была реализована в эксперименте, и наблюдалось очень хорошее согласие экспериментальных данных с теоретическими результатами. Примечательно, что каждая выделенная частотная мода излучалась в свой интервал углов, что означает разделение мод не только по частотному спектру, но и в пространстве. Также был разработан и впоследствии реализован в эксперименте метод выделения одной единственной частотной моды Шмидта. Выделение отдельных мод Шмидта является важным, поскольку именно моды Шмидта представляют собой в каком-то смысле минимальные целостные независимые структуры поля, которые несут в себе все неклассические свойства сжатых состояний и наиболее устойчивы к потерям. Вышеупомянутые методы управления модовым составом и весами мод Шмидта можно считать определенным достижением, поскольку они являются чисто квантово-оптическими, то есть определяющими сам процесс параметрической генерации, но не воздействующими на полученный многомодовый сжатый свет на выходе. В противном случае, использование различных фильтров и других оптических элементов для выходного сигнала неминуемо разрушит значительную часть неклассических свойств сжатого света, очень чувствительного даже к малому уровню потерь.

Как уже было сказано, важным преимуществом сжатых полей является их многомодовая структура. Но далеко не всегда удастся эффективно использовать весь полный набор мод. Так, в случае схемы с интерферометром значительная часть мод не усиливается во втором кристалле из-за большой угловой расходимости. Однако, если спроецировать выходной сигнал из первого кристалла на вход второго с помощью линзы, то интерферометр будет работать одновременно для всех мод в широком пространственном угле с высокой фазовой стабильностью. Было измерено пространственное распределение «квадратурного сжатия», то есть уровня шумов для каждой пространственной моды в зависимости от направления угла вылета фотонов [5]. Был зарегистрирован практически одинаковый очень низкий уровень шумов в широком диапазоне углов по



всей пространственной области выходного сигнала. Таким образом, впервые продемонстрирована работа нелинейного интерферометра в существенно многомодовом режиме с высоким уровнем сжатия. Полученный сжатый свет представляет собой многомодовый квантовый ресурс, который может быть использован для задач кодирования и передачи квантовой информации, квантовых измерений и квантовой регистрации изображений с пониженным уровнем шумов.

Важным аспектом исследования неклассических полей является их взаимодействие с атомами, молекулами и наноструктурными объектами. Такие задачи представляют самостоятельный прикладной интерес. Использование неклассических полей и воздействие их на атомы, молекулы и наноструктурные объекты оказывается востребованным для задач передачи и хранения квантовой информации, включая фазовую, для создания фазово-чувствительных квантовых битов, управления их динамикой и реализации контролируемого канала информационного обмена между ними. Более того, взаимодействие таких полей с атомно-молекулярными системами может приводить к новым физическим эффектам. Так, например, было обнаружено, что в случае резонансного возбуждения атомного перехода между двумя состояниями полем «сжатого вакуума» не возникают периодические переходы с одного уровня на другой, известные в случае классических полей как осцилляции Раби. Вместо этого населенность каждого атомного уровня очень быстро выходит на некоторое фиксированное среднее по времени значение и потом изменяется с небольшим разбросом около этого среднего. То есть динамика атомных систем в сжатых полях существенно отличается от привычного поведения в классическом лазерном поле. Наличие более-менее постоянных по времени значений населенностей атомных уровней открывает новые возможности для создания различных логических и информационных протоколов.

Однако не только поле влияет на атом. В процессе взаимодействия атом тоже влияет на квантовое поле и изменяет его свойства [6]. Например, в случае возбуждения трехуровневой атомной системы сжатым полем исходное распределение сжатого вакуума претерпевает значительные изменения, и вместо четных стояний фотонов заселяются нечетные фоковские состояния, что продемонстрировано на рис. 2 на вставке. Это приводит к формированию негауссовского неклассического состояния поля, о чем однозначно свидетельствует ярко выраженная отрицательность функции Вигнера (рис. 2).

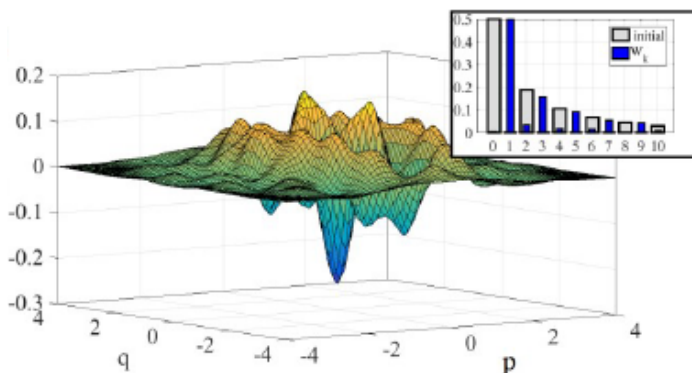


Рис. 2. Функция Вигнера негауссовского полевого состояния, сформированного при взаимодействии сжатого света с атомом. На вставке — исходное и конечное распределения по числу фотонов

Важным свойством, возникающим при взаимодействии неклассических полей с атомами, молекулами и наноструктурами, является перепутывание. Этот термин означает невозможность описать динамику полной системы в рамках характеристик отдельных подсистем. Наличие перепутывания легко понять, сравнивая, например, результаты независимых и условных измерений для одной подсистемы. Независимое измерение подразумевает возможные значения, характеризующие одну подсистему независимо от состояния другой подсистемы, которая может находиться в любом возможном состоянии. Такая процедура подразумевает усреднение по степеням свободы второй подсистемы. Условное измерение дает значения и вероятности наблюдаемых первой подсистемы при условии, что вторая подсистема находится в каком-то конкретном состоянии. Если результаты независимых и условных измерений одинаковы, то системы независимы, и перепутывания нет. Можно считать, что перепутывание сродни корреляциям. Но в ряде случаев трудно определить, что именно скоррелировано, однако перепутывание есть. Существует целый ряд количественных критериев перепутывания. В частности, для сжатого света, чем больше мод Шмидта дают вклад в сигнал, тем сильнее перепутывание. Перепутывание — очень важный ресурс для задач хранения и передачи квантовой информации. В качестве еще одного примера можно привести перепутывание, возникающее между двумя изначально независимыми модами квантованного поля в процессе взаимодействия с атомной системой. На рис. 3 (левая панель) представлено распределение по числу фотонов для двух мод квантованного поля, обусловленное взаимовлиянием двух исходно независимых полей друг на друга, которое возникает

опосредованно через взаимодействие с атомом. Видно, что при фиксированном числе фотонов в одном поле число фотонов в другом поле принимает строго определенные значения. На правой панели продемонстрировано разрушение этого перепутывания под влиянием релаксации. В этом случае распределение соответствует двум практически независимым полям.

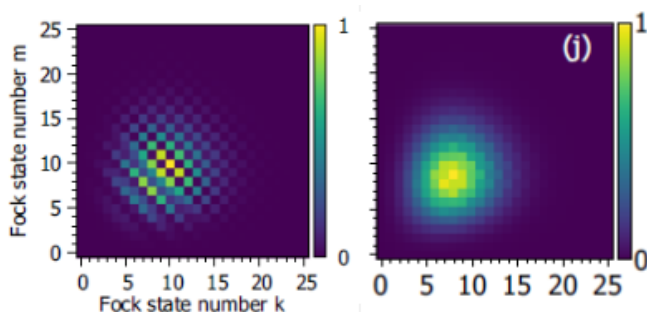


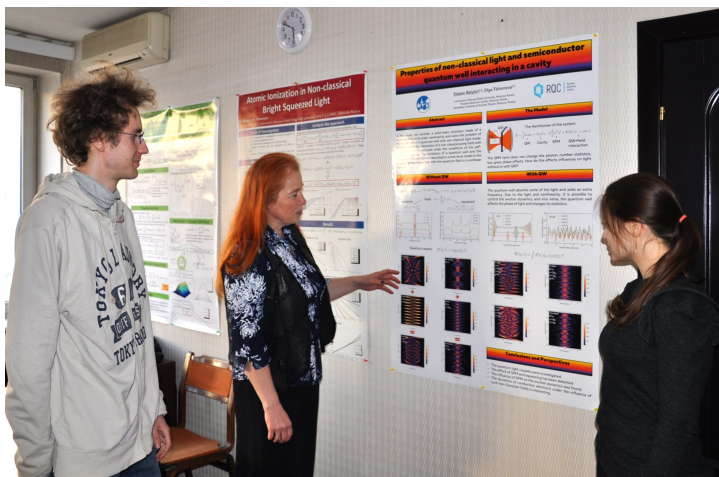
Рис. 3. Распределение по числу фотонов для двух полей: наличие перепутывания из-за взаимодействия с атомной системой (левая панель), релаксация к состоянию двух независимых полей (правая панель)

Таким образом, наличие полевых степеней свободы приводит к интересным новым эффектам при взаимодействии таких полей с веществом.

В последнее время все больший интерес среди исследователей вызывает область квантовых коммуникаций и квантовых вычислений, которая базируется в том числе и на квантовой оптике, атомной физике и физике наноструктурных систем. Все это включает в себя и напрямую использует квантовые эффекты и явления, многие из которых еще полностью не изучены. И нет ничего более захватывающего, чем разгадывать все новые и новые квантовые тайны природы.

Литература:

1. Д.Н. Клышко «Фотоны и нелинейная оптика», Москва, 1980, с. 259
2. T.Sh. Iskhakov, A.M. Perez, K.Yu. Spasibko, M.V. Chekhova, and G. Leuchs, Opt. Lett. 37, 1919, (2012)
3. P. Sharapova, A. Pérez, O.V. Tikhonova, M.V. Chekhova, Physical Review A 91, 043816, (2015)
4. S. Lemieux, M. Manceau, P. R. Sharapova, O.V. Tikhonova, R.W. Boyd, G. Leuchs, M.V. Chekhova. Physical Review Letters, 117, p. 183601 (2016)
5. G. Frascella, E.E. Mikhailov, N. Takanashi, R.V. Zakharov, O.V. Tikhonova, M.V. Chekhova Optica, 6, p. 1233 (2019)
6. D.V. Popolitova, O.V. Tikhonova. Laser Physics Letters, 17, 115302(9) (2020)



*Профессор кафедры атомной физики, физики плазмы и микроэлектроники
О. В.Тихонова*

УПРАВЛЕНИЕ СОСТОЯНИЯМИ В СВЕРХПРОВОДНИКОВЫХ КВАНТОВЫХ ПРОЦЕССОРАХ: ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ

Сверхпроводниковые квантовые биты (кубиты) и процессоры на их основе являются объектом масштабных исследований, так как способны в перспективе ускорить процесс решения вычислительно сложных задач, возникающих, например, при моделировании многочастичных квантовых систем, задач квантовой химии, материаловедения. Квантовые процессоры оперируют эволюционирующими амплитудами состояний элементов квантово-электродинамических цепей (QED), состоящих из сверхпроводниковых линий и кубитов.

На сегодняшний день созданием многокубитных «сверхпроводниковых» процессоров заняты многие научные группы по всему миру, но сильнее всего продвинулись в создании «зашумленных» квантовых процессоров среднего размера (NoisyIntermediate-ScaleQuantum, NISQ) – лаборатории, принадлежащие компаниям IBM, Google, Intel и RigettiComputing. Каждая из перечисленных групп сумела создать как минимум один работающий многокубитный квантовый процессор и про-

демонстрировать на нем возможность реализации тех или иных квантовых алгоритмов. Процессоры различаются между собой количеством и топологией кубитов, а также реализацией межкубитных связей на основе QED-цепей с возможностью адресного управления элементами процессора.

Основная проблема современных квантовых процессоров — ограниченное время жизни когерентных состояний кубитов и вытекающее из этого ограничение на количество операций над ними. Частично решить проблему можно за счет специально разработанных алгоритмов коррекции, но это требует реализации дополнительных операций (управляющих гейтов) и наличия дополнительных кубитов. Также можно выделить два основных критерия выбора топологии конкретной физической реализации базовых ячеек квантового компьютера (см. рис. 1) — возможность связи с другими кубитами и устойчивость выбранного топологического решения к потоковому шуму.

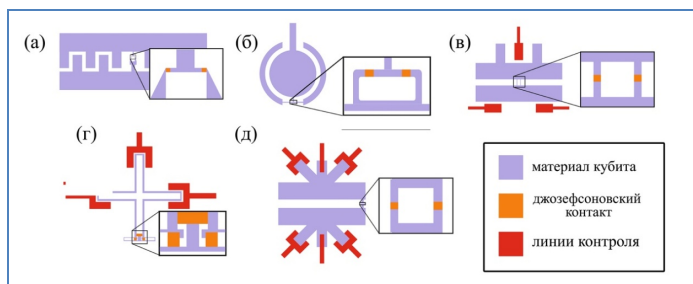


Рис. 1. Схематичное изображение основных используемых сверхпроводниковых кубитов. Сиреневым цветом обозначен сверхпроводящий металл, оранжевым — джозефсоновский переход, красный — элементы линий контроля и считывания. (а) Классический трансмон. (б) Концентрический трансмон (Rigetti Computing). (в) Трансмон IBM. (г) Иксмон. (д) Стармон

Ряду исследователей (в частности, группе Дж. Мартиниса) удалось преодолеть многие технологические проблемы и создать кубиты со временем декогеренции ~ 100 мкс, а также высокочастотные резонаторы для считывания состояния кубитов. Полностью «зашумленность» квантовых регистров на данный момент преодолеть не удалось, поэтому в качестве сравнительного теста эффективности квантовой и классической машин использовалась специально подобранная «тестовая» задача. Компьютер Sycamore справился с ней за 200 секунд, что существенно превосходит возможности современных классических суперкомпьютеров.

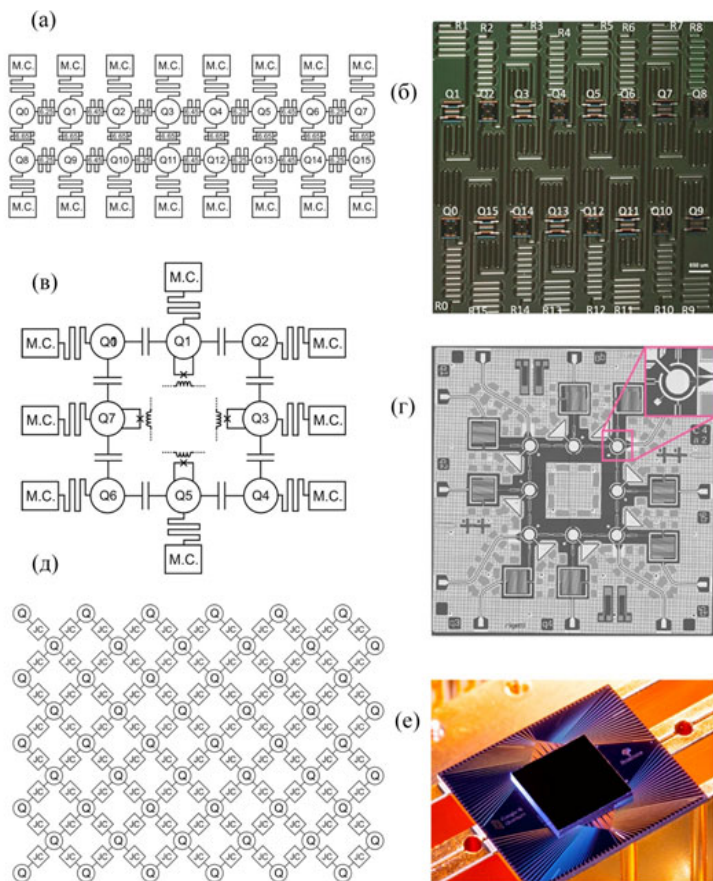


Рис. 2 Схемы существующих квантовых процессоров; Обозначения: Q_i — кубит под номером i , M.C. (microwavecontrol) — элемент микроволнового управления, J.C. (josephsonconnection) — соединительный джозефсоновский элемент. (а) Эквивалентная схема процессора IBM Q16 Rueschlikon, цифрами на резонаторах обозначены величины их собственных частот. (б) Микрофотография чипа процессора IBM Q16 Rueschlikon, резонаторы считывания отмечены как R_i . (в) Эквивалентная схема процессора Rigetti 8Q Agave. (г) Микрофотография чипа процессора Rigetti 8Q Agave. (д) и (е)

Но развить достигнутые успехи оказалось непросто. Большое количество микроволновых каналов, необходимых для управления многокубитными системами является на сегодняшний день серьезной проблемой. Для каждого такого канала требуется весьма дорогостоящее оборудова-



ние (источники когерентного микроволнового излучения с фиксированной несущей частотой и заданной длительностью импульса, высокостабильные генераторы сигналов, квадратурные смесители и усилители), а также множество коаксиальных линий и элементов для формирования и передачи сигналов в низкотемпературную экспериментальную среду. Каждый канал управления играет роль и канала передачи тепла от окружения квантовой вычислительной системе, уменьшая время потери когерентности для всех кубитов процессора. В связи с этим управление процессорами из сотен и более кубитов требует принципиально новых подходов, новых идей.

В Московском университете особое внимание уделяют анализу проблем управления «многочастичными» квантовыми системами и описанию способов увеличения эффективности существующих квантовых процессоров при реализации конкретных алгоритмов. Эти работы проходят в тесном сотрудничестве с коллегами из Московского физико-технического института, Всероссийского научно-исследовательского института автоматики, Нижегородского государственного университета. Наиболее перспективными направлениями поиска нам сейчас представляются те, что подразумевают либо перестроение используемых алгоритмов под особенности доступной элементной базы (аналого-цифровой метод), либо же дополнение элементной базы для увеличения эффективности существующих алгоритмов. Так, во втором случае, интересно выглядят попытки использовать сверхпроводниковые цифровые схемы, работающие с классическим представлением информации. Это нужно для того, чтобы максимально приблизить к «квантовому чипу» обработку вводимых туда и выводимых оттуда данных. Отметим, что принципы функционирования таких логических устройств на основе эффекта Джозефсона были исследованы в нашем университете еще в 80-ые годы прошлого столетия в группе профессора К.К. Лихарева. Применяя эти подходы на новом поле, российские ученые показали, что формируемые при помощи джозефсоновских цифровых схем импульсы тока (или напряжения) в управляющих линиях пикосекундной длительности позволяют реализовать как полный набор одно- и двухкубитных операций, так и простейшие квантовые алгоритмы. В перспективе это даст возможность увеличить и ширину, и глубину квантовых цепей за счет упрощения управляющих схем и уменьшения длительности ключевых вычислений.

Разрабатываются также методы совершенствования интерфейсов между квантовой и классической частями NISQ-процессора, основанные на использовании «классических» сверхпроводниковых процессоров, рабочие температуры которых составляют от 3 до 4 К. Важные для работы такой системы цепи, соединяющие различные блоки вычислительной си-



стемы, могут быть реализованы на основе джозефсоновских передающих линий с предельно малой диссипацией. Именно для таких линий в МГУ были развиты новые методы анализа динамики квазисолитонных возбуждений в джозефсоновских средах, которые затем были успешно применены для оптимизации баллистического детектора, способного считывать состояния сверхпроводниковых квантовых битов и регистров. Разработаны базовые нелинейные элементы для сверхпроводниковых же искусственных нейростей на основе элементов адиабатической джозефсоновской логики. Наконец, были предложены, исследованы, оптимизированы джозефсоновские спиновые вентили — новые элементы памяти для сверхпроводникового сопроцессора, а также ключевые составные части (синапсы) перспективных нейроморфных систем в составе гибридного квантово-классического вычислительного комплекса.

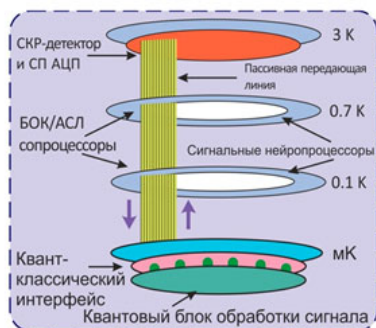


Рис. 3. Схема использования классического и квантового сопроцессоров на основе БОК-логики в составе единого криогенного комплекса для обработки сверхширокополосных и высокочастотных сигналов в режиме реального времени. Система включает также и массив квантовых регистров вместе со схемами управления, считывания и коррекции ошибок. Связь между сверхпроводниковым классическим и квантовым сопроцессорами, квантовым блоком обработки информации, высокотемпературным окружением осуществляется через передающие линии с усилителями-преобразователями на всех промежуточных стадиях.

Полученные в Московском университете результаты опубликованы в ряде журналов мирового уровня:

1. В. А. Вожаков, М. В. Бастракова, Н. В. Кленов, и др. Управление состояниями в сверхпроводниковых квантовых процессорах. Успехи физических наук, 2021. DOI: 10.3367/ufnr.2021.02.038934



2. Golovchanskiy, N. N. Abramov, V. S. Stolyarov, V. I. Chichkov, M. Silayev, I. V. Shchetinin, A. A. Golubov, V. V. Ryazanov, A. V. Ustinov, and M. Yu Kupriyanov. Magnetization dynamics in proximity-coupled superconductor/ferromagnet/superconductor multilayers. *Physical Review Applied*, 14:024086, 2020.
3. E. Schegolev, N. V. Klenov, I. I. Soloviev, and M. V. Tereshonok. Learning cell for superconducting neural networks. *Superconductor Science and Technology*, 34:015006, 2020.
4. O. V. Skryabina, S. N. Kozlov, S. V. Egorov, A. A. Klimenko, V. V. Ryazanov, S. V. Bakurskiy, M. Yu Kupriyanov, N. V. Klenov, I. I. Soloviev, A. A. Golubov, K. S. Napolskii, I. A. Golovchanskiy, D. Roditchev, and V. S. Stolyarov. Anomalous magneto-resistance of Ni-nanowire/Nb hybrid system. *Scientific reports*, 9:14470, 2019.
5. D. V. Popolitova, N. V. Klenov, I. I. Soloviev, S. V. Bakurskiy, and O. V. Tikhonova. Unipolar magnetic field pulses as an advantageous tool for ultrafast operations in superconducting josephson “atoms”. *Beilstein Journal of Nanotechnology*, 10:1548–1558, 2019.
6. V. S. Stolyarov, T. Cren, C. Brun, I. A. Golovchanskiy, O. V. Skryabina, D. I. Kasatonov, M. M. Khapaev, M. Yu. Kupriyanov, A. A. Golubov, and D. Roditchev. Expansion of a superconducting vortex core into a diffusive metal. *Nature communications*, 2:2277, 2018.
7. S. V. Bakurskiy, N. V. Klenov, I. I. Soloviev, N. G. Pugach, M. Yu Kupriyanov, and A. A. Golubov. Protected 0- π states in sisf junctions for josephson memory and logic. *Applied Physics Letters*, 113(8):082602, 2018.
8. Golubov and M. Yu Kupriyanov. Superconductivity: Controlling magnetism. *Nature Materials*, 16:156–157, 2017.
9. Soloviev, N. V. Klenov, S. V. Bakurskiy, M. Yu Kupriyanov, A. L. Gudkov, and A. S. Sidorenko. Beyond moore’s technologies: operation principles of a superconductor alternative. *Beilstein Journal of Nanotechnology*, 8:2689–2710, 2017.
10. Soloviev, N. V. Klenov, S. V. Bakurskiy, A. L. Pankratov, and L. S. Kuzmin. Symmetrical josephson vortex interferometer as an advanced ballistic single-shot detector. *Applied Physics Letters*, 105:202602, 2014.

*доктор т. н. доцент кафедры атомной физики,
физики плазмы и микроэлектроники Н. В. Кленов,
доктор физ.-мат. наук ведущий научный сотрудник отдела микроэлектроники
НИИЯФ МГУ И. И. Соловьев,
кандидат физико-математических наук старший научный сотрудник отдела
микроэлектроники НИИЯ С.В. Бакурский,
аспиранты кафедры атомной физики, физики плазмы и микроэлектроники
А. Е. Щеголев, В. И. Ружицкий, В. А. Волжаков,
доктор физико-математических наук главный научный сотрудник
отдела микроэлектроники НИИЯФ М. Ю. Куприянов*



ГИДРОДИНАМИКА И КОМПЬЮТЕРНАЯ ОБРАБОТКА ИЗОБРАЖЕНИЙ

На протяжении всего своего развития гидродинамика использовала методы качественной визуализации течений. Чтобы получить линии тока, в течение добавляли частицы-трассеры и фотографировали с длинной выдержкой. Для определения структуры поля плотности или температуры использовали классические рефракционные методы (теневого метод, шпирен) или интерферометрию. В последние десятилетия в связи с развитием компьютеров и цифровой фототехники стало происходить развитие классических методов экспериментальной гидродинамики в направлении, которое можно назвать переходом от качества к количеству. Снятые фотографии перестали быть конечным продуктом эксперимента — теперь это лишь входные данные для компьютерной обработки, позволяющей найти мгновенные двух-, а в некоторых случаях и трехмерные распределения гидродинамических параметров — скорости, плотности, температуры. Основным измерительным прибором, как и раньше, остается фотоаппарат, но точность и пространственное разрешение измерений теперь зависят от возможностей алгоритмов компьютерной обработки, которые постоянно совершенствуются.

Начало этой цифровой революции в гидродинамике положили измерения скорости методом цифровой трассерной визуализации (Particle Image Velocimetry, PIV). Фактически PIV является преемником классической визуализации линий тока. В течение по-прежнему добавляются рассеивающие свет частицы, но вместо одного кадра с длинной выдержкой в PIV снимают два кадра с короткой выдержкой, разделенных известным интервалом времени. Измерение поля скорости, таким образом, сводится к задаче определения поля смещения изображений частиц на втором снимке по сравнению с первым. В PIV для ее решения применяют методы трех классов: кросс-корреляционные (которые и до PIV успешно использовались в механике твердого тела для измерения полей деформации), слежение за отдельными частицами (Particle Tracking Velocimetry, PTV) и методы оптического потока, пришедшие из анализа последовательностей видеок кадров, например, съемок транспортных потоков камерами наблюдения. Те же методы (и некоторые другие) можно использовать и в других областях, где возникает задача определения поля смещения по сравнению двух снимков: при построении трехмерной карты местности по данным аэрофотосъемки, в проблемах машинного стереозрения, при сканировании формы трехмерных объектов для контроля качества изготовления в промышленности, для распознавания лиц в си-

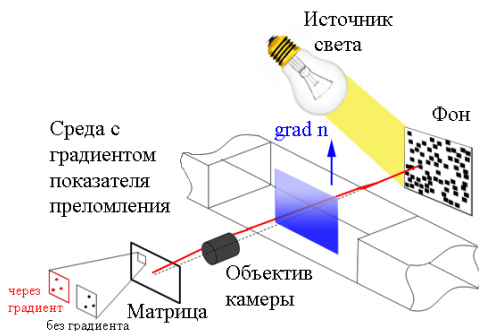
стемах безопасности или для создания цифровых моделей предметов в музейном деле.

Рис. 1. Оптическая схема
теневого фонового метода

В 1999 году две группы в Германском центре авиации и космонавтики (DLR) и в Кембриджском университете независимо друг от друга предложили новый вариант рефракционного метода для измерения поля показателя преломления и

связанных с ним величин — плотности, температуры, концентрации компонент смеси. Этот метод, получивший название Background Oriented Schlieren (BOS, теневой фоновый метод), также основан на сравнении двух снимков одного и того же узора (фона) — снятого через среду с постоянным показателем преломления (опорный снимок) и снятого через исследуемое течение (рабочий снимок). Наличие изменений показателя преломления в исследуемом течении приводит к видимому смещению элементов фона в рабочем снимке, которое пропорционально среднему вдоль траектории луча градиенту показателя преломления. Если с помощью компьютерной обработки найти поле смещения, из него можно получить распределение градиента показателя преломления, а затем, с помощью опорного значения в какой-то точке, восстановить поле показателя преломления. Схема BOS, предельно простая и дешевая с точки зрения экспериментальной реализации, показана на рис. 1. Стоимость всей экспериментальной установки фактически равна стоимости фотокамеры, фон может быть просто напечатан на листе бумаги.

Чувствительность BOS определяется протяженностью течения вдоль пути луча, расстоянием от фона до течения, величиной изменений показателя преломления в исследуемом течении и точностью, с которой компьютерная обработка изображений может определить значение смещения. В газах, если нет ударных волн, градиенты показателя преломления обычно невелики, поэтому чувствительность метода повышают, увеличивая расстояние между фоном и течением, чтобы максимальное смещение составляло несколько пикселей. В жидкостях dn/dT в сотню раз больше, что позволяет измерять поля температуры с полным перепадом в несколько десятых градуса. На рис. 2 показано сравнение измеренных





нашей группой полей температуры при всплывании конвективной струи от горизонтальной нагретой проволоки, натянутой в воде, с результатами численного моделирования. У высокой чувствительности BOS в жидкостях есть и недостатки. Слишком сильные нелинейные изменения показателя преломления в нижней части струи, показанной на рис. 2, приводят к большой разнице смещений соседних пятен, деформации пятен, размытию изображения и, в конечном счете, к неправильным значениям смещения, определенным кросс-корреляционным методом. Соответственно, возникает задача разработки варианта теневого фонового метода, способного находить правильные значения смещения даже в таких сложных случаях. Важным отличием BOS от PIV является полный контроль над опорным изображением: в качестве фона можно использовать любой узор. То, что в большинстве случаев в BOS используют похожий на PIV-снимок фон, составленный из случайно расположенных пятен, и кросс-корреляционный метод определения смещения, объясняется тем, что авторы, предложившие BOS, хорошо знали PIV и заимствовали методы оттуда. Разработкой альтернативных вариантов теневого фонового метода с фонами других типов и другими методами определения смещения занимается сейчас наша группа.

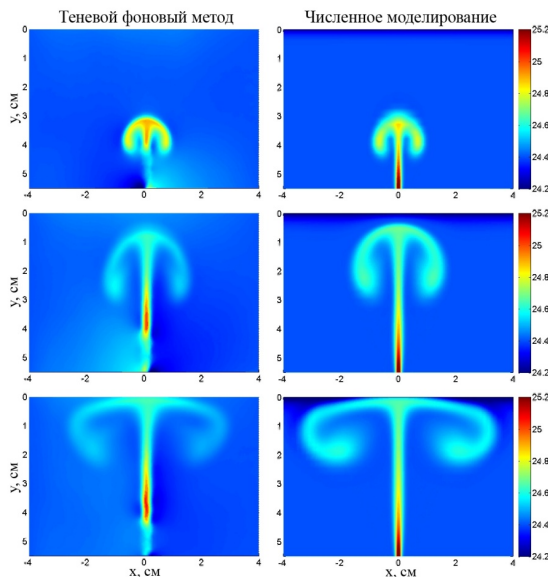
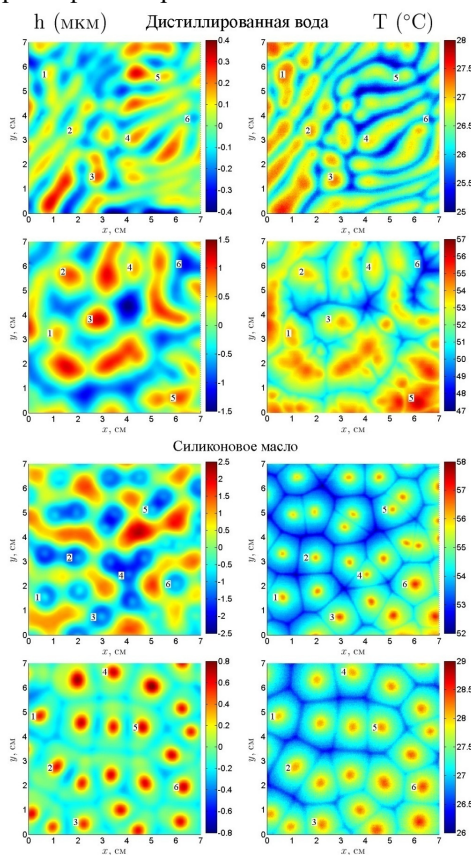


Рис. 2. Поля температуры ($^{\circ}\text{C}$) при всплывании конвективной струи в воде, полученные с помощью теневого фонового метода и численного моделирования. Нагреваемая проволока расположена на глубине 6 см

Вариант теневого фонового метода, недавно предложенный нашей группой, предназначен для измерения формы свободной поверхности жидкости. Фон установлен наклонно над поверхностью жидкости, а камера, также расположенная над поверхностью, снимает его отражение. Смещение элементов фона в рабочем снимке, сделанном с возмущенной поверхностью, относительно опорного снимка, сделанного в отсутствие возмущений, пропорционально локальному углу наклона поверхности. Найдя поле смещения, из распределений углов наклона поверхности вдоль двух координатных осей можно восстановить мгновенную карту рельефа поверхности. Оптическая схема метода полностью повторяет



наблюдение лунной дорожки на поверхности моря, поэтому мы назвали его Moon-Glade BOS. Основное отличие от обычного теневого фонового метода заключается в том, что отклонение лучей происходит за счет их отражения от деформированной поверхности, а не за счет рефракции в среде с переменным показателем преломления. Отражающие объекты изучались наравне с преломляющими на протяжении всей истории теневых методов: еще Леон Фуко использовал шпирен для кон-

Рис. 3. Поля рельефа и температуры поверхности для жидкостей, нагреваемых снизу (задача Рэлея-Бенара-Маранго-ни). Рельеф поверхности измерен с помощью Moon-Glade BOS, температура поверхности — с помощью тепловизора

троля качества сферических зеркал. Moon-Glade BOS позволяет измерять возмущения свободной поверхности с амплитудой порядка 1 мкм, при этом не требуется, чтобы жидкость была прозрачной — в отличие от ра-



нее предложенного варианта, в котором фон, лежащий на дне сосуда с прозрачной жидкостью, снимают камерой сверху.

На рис. 3 показано сравнение рельефа поверхности, измеренного с помощью Moon-Glade BOS, и температуры поверхности, измеренной тепловизором, для жидкостей в кювете с нагреваемым дном (конвекция Рэлея — Бенара — Марангони). Рельеф поверхности определяется соотношением двух конкурирующих эффектов: термогравитационной конвекции, из-за которой более нагретые участки поверхности повышаются, образуя горбы, и термокапиллярной конвекции, которая отводит жидкость вдоль поверхности в сторону менее нагретых участков, образуя впадины на месте более нагретых. В силиконовом масле при высокой температуре преобладает термокапиллярная конвекция (теплые впадины, холодные горбы), а при более низкой — термогравитационная конвекция (теплые горбы, холодные впадины). А в дистиллированной воде термокапиллярная конвекция отсутствует из-за влияния пленки поверхностно-активных примесей (общего органического углерода). Поэтому в дистиллированной воде при любой температуре теплые участки поверхности соответствуют горбам, а холодные впадинам. Только специальная очистка с помощью установки Milli-Q позволяет наблюдать термокапиллярную конвекцию в воде.

*с.н.с. Н.А. Винниченко,
кафедра молекулярных процессов
и экстремальных состояний вещества*

КАФЕДРА АКУСТИКИ – 2020

Кафедра акустики только на 10 лет моложе физического факультета Московского университета, она была создана после возвращения МГУ из эвакуации осенью 1943 г. патриархом советской акустики профессором Сергеем Николаевичем Ржевкиным, заведующим кафедрой в 1943–1975 гг. Владимир Александрович Красильников – заслуженный профессор Московского университета, основатель научной школы по нелинейной и физической акустике и волнам в турбулентных средах — был заведующим кафедрой в 1975–1987 гг. Более 30 лет кафедрой руководит академик РАН Олег Владимирович Руденко — ученик ректора МГУ академика Рема Викторовича Хохлова. Мы начали новый 2020 год после успешного отчета Руденко на Ученом совете физфака о работе кафедры акустики за 2015–2019 гг. и переизбрания его на должность заведующего на следующие 5 лет.



Роль акустики в нашей жизни уникальна. Акустические волны — единственный в природе вид излучения, способный проникать во все среды и тем самым использоваться для их диагностики и передачи сигналов. На кафедре ведутся фундаментальные работы по многим современным разделам акустики. Развиваемые научные направления можно условно разделить на четыре группы: физика нелинейных колебаний и волн, физическая акустика твердого тела, гидроакустика, аэроакустика. Кафедра имеет свои уникальные помещения — звукомерную и реверберационную камеры, гидроакустический бассейн, а также гидроакустический полигон в Подмоскowie. Наш кадровый состав в настоящее время состоит практически из трех равных частей — ППС, научные сотрудники и инженерно-технический персонал. В 2020 г. на Татьянин день мы поздравили Олега Владимировича с вручением ему премии имени М.В. Ломоносова за педагогическую деятельность и, как обычно, отметили на кафедре совмещенный праздник 23 февраля и 8 марта. Но наша жизнь кардинально изменилась с 17 марта 2020 г. в связи с переходом на дистанционное образование и ограничением прохода в здания и помещения физфака. Конечно, труднее всего было быстро и эффективно перестроиться преподавателям, которым пришлось затрачивать гораздо больше времени на подготовку. Продолжались научные исследования, акцент в которых во многом был перенесен на теоретические и вычислительные аспекты, и студенты активно вовлекались в эту работу в дистанционном формате. На кафедре был успешно отлажен документооборот, в том числе электронный. Хочется сказать огромное спасибо нашим молодым сотрудникам, которые на всем протяжении действующих ограничений для людей старше 65 лет были во всем надежной опорой. Мы даже новый 2021 год традиционно отметили вместе, только в режиме online.

Кафедра акустики — единственная в России кафедра при физическом факультете классического университета, готовящая физиков-акустиков. Ежегодно на кафедре учатся около 40 студентов-бакалавров и магистров, и 10 аспирантов (рис. 1).

Стройную и продуманную систему образования в результате ограничений 2020 года пришлось и удалось успешно перевести в режим онлайн, в полном объеме обеспечив учебный процесс. Ряд лекций, разработанных ведущими сотрудниками кафедры, а также прочитанных ими ранее в СМИ, были размещены на сайте кафедры (<https://acoustics.phys.lanat.ru>), обновленном ст.н.с. К.В. Дмитриевым. Наши преподаватели также читали курсы лекций и на других кафедрах физфака: на кафедре медицинской физики (доцент Ю.Н. Маков) и на кафедре физики моря и вод суши (доценты П.Н. Кравчун и А.С. Шуруп), а также для аспирантов всех специальностей курсы «Информационно-технологическое обеспечение научной деятельности аспирантов» (Ю.Н. Маков и В.Г. Шамаев) и «Методы обработки сигналов и полей» (К.В. Дмитриев).



Рис. 1. Студенты кафедры акустики и аспирант А. Агафонов (справа) знакомятся с устройством и работой концертного органа на лекции доцента П.Н. Кравчуна в ММДМ

Если в 2019 г. наши студенты и молодые ученые принимали участие в серьезных натурных экспериментах на университетском полигоне в Подмоскowie, около Беломорской и Звенигородской биостанций МГУ, то в 2020 г. это реализовать в полной мере не удалось. В рамках курса «Архитектурная и музыкальная акустика» студенты также не смогли посетить Светлановской зал Дома Музыки и знакомиться с устройством и работой самого большого концертного органа Москвы. В соответствии с приказами 2020 г. по МГУ, в течение года на кафедре продолжали работать специальный акустический практикум и «Центр коллективного пользования по нелинейной акустической диагностике» (заведующий — профессор А.И. Коробов), Лаборатория медицинского и промышленного ультразвука (руководители профессор О.А. Сапожников и доцент В.А. Хохлова), Лаборатория аэроакустики (руководитель — доцент А.В. Шанин), Испытательная лаборатория акустического и вибрационного контроля физического факультета (заведующий лабораторией акустики Н.С. Виноградов), гидроакустический бассейн кафедры акустики (ответственный ст.н.с. Б.И. Гончаренко). Эффективно работал Информационный центр «Акустика» (ст.н.сотр. В.А. Гусев и В.Г. Шамаев), где со-

вершенствуется и расширяется база данных публикаций по акустике, которая размещена в интернете и активно используется многими организациями России. Таким образом, все студенты кафедры смогли проводить как научно-исследовательскую работу, так и проходить преддипломную практику (рис. 2).

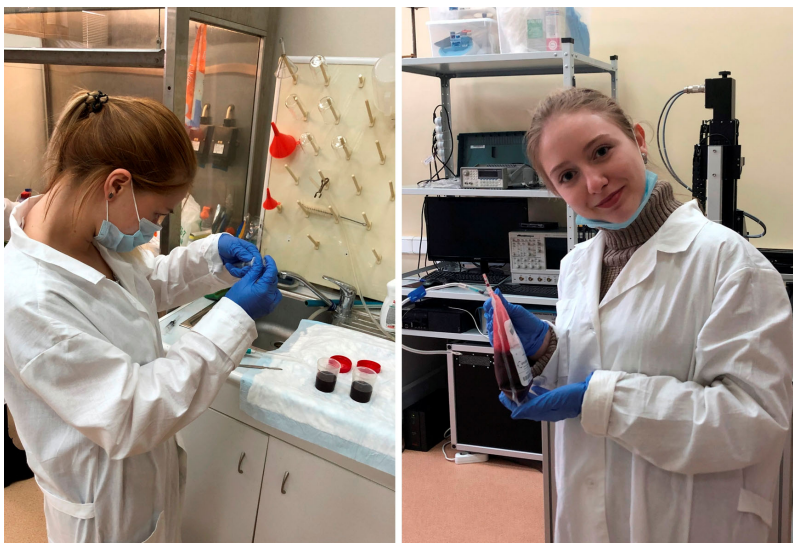


Рис.2. Аспирантка Е. Пономарчук (слева) и студентка К. Туманова (справа) готовят образцы для эксперимента по механическому разрушению внутренних гематом человека (гистотрипсии) с помощью импульсного фокусированного ультразвука, 2020 г.

Студентам кафедры физики моря и вод суши также удалось поработать в кафедральном гидробассейне на физфаке и на университетском полигоне в Подмоскowie в ходе выполнения учебной практики (рис. 3).

Исследования сотрудников кафедры по некоторым «прорывным» направлениям были поддержаны грантами. В 2020 г. выполнялись работы по 3 грантам РФ (руководители — профессора О.В. Руденко и О.А. Сапожников, доцент В.А. Хохлова), гранту РФ для молодых ученых (н.с. Т.Б. Крит), 9 грантам РФФИ и хоздоговору. Выпускниками в этом году были 14 бакалавров и 6 магистров. На кафедре проходили обучение 12 аспирантов. Бакалавры, магистры и аспиранты, несмотря на трудности, принимали участие в научных исследованиях, в том числе выполняемых по программам и грантам (рис. 4).



Рис. 3. Экспериментальные работы на гидроакустическом полигоне МГУ. Слева — студент магистратуры А. Павловский, справа — подготовка оборудования и обсуждение плана измерений со студентами и сотрудниками кафедры физики моря и вод суши, 2020 г.

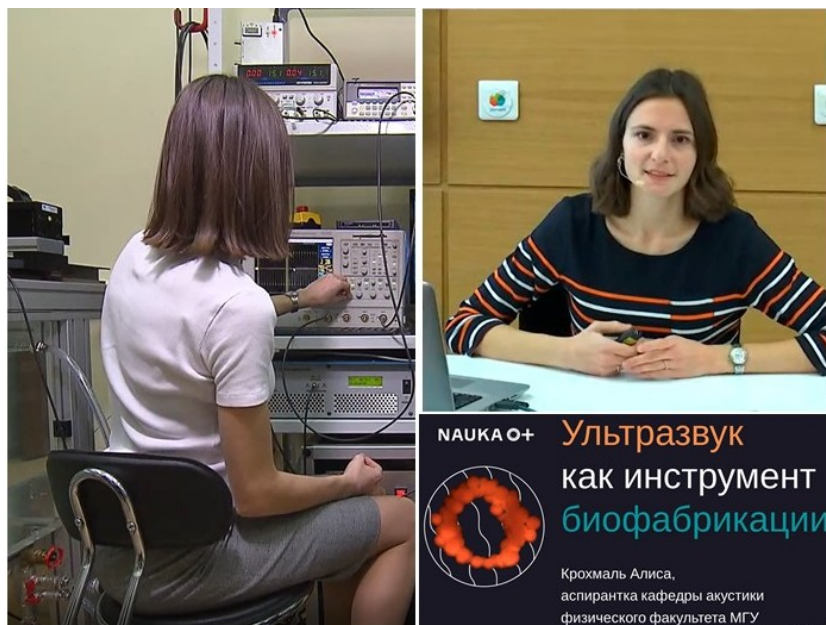


Рис. 4. Аспирантка А. Крохмаль проводит измерения (слева) и читает лекцию (справа) на Фестивале науки МГУ об использовании ультразвука в биофабрикации тканевых структур, 2020 г.



Ш. Асфандияров стал победителем программы «УМНИК» Фонда содействия инновациям, Е. Пономарчук — лауреатом именной стипендии фонда В. Потанина, Л. Котельникова и П. Пестова — обладателями стипендий имени А.Н. Тихонова и имени М.В. Ломоносова физического факультета МГУ соответственно. В 2020 г. конкурс научных студенческих работ имени Р.В. Хохлова впервые проводился в дистанционном формате. Удивительны успехи девушек-акустиков! Магистерская диссертация Е. Пономарчук получила диплом III степени, бакалаврская работа Л. Котельниковой — диплом I степени. Победителями стипендиального конкурса Фонда развития теоретической физики и математики «БАЗИС» среди поступающих в магистратуру стали студенты Е. Коннова, Л. Котельникова и П. Пестова, среди поступающих в аспирантуру — Ш. Асфандияров и Е. Пономарчук. Победителями конкурса «Стипендии – Физический факультет» фонда «БАЗИС» стали студентки К. Туманова, А. Цеханович и аспирантка А. Тюрина (рис. 5).

Сотрудники, аспиранты и студенты кафедры принимали участие в 20 российских и международных конференциях. Их, конечно, было меньше, чем в предыдущие годы, и большинство проводились в режиме online. Но по-прежнему наши ученые делали приглашенные доклады, были членами и председателями программных комитетов ряда конференций. Публикационная активность сотрудников кафедры за последние три года практически не изменилась, хотя можно отметить увеличение статей (до трети!), где в соавторах есть студенты и аспиранты. В 2020 г. сотрудники кафедры опубликовали свыше 90 статей в ведущих отечественных и международных журналах (в половине соавторами являются научные сотрудники) и около 40 статей — в сборниках и трудах конференций. Трое ученых — О.В. Руденко, О.А. Сапожников и В.А. Хохлова — стали лауреатами Конкурса работ, способствующих решению задач Программы развития Московского университета в номинации «Выдающиеся статьи». О.Д. Румянцева в соавторстве со своим учителем В.А. Бутовым издала две части монографии «Обратные волновые задачи акустической томографии», а ее ученик Р. Крюков в декабре успешно защитил кандидатскую диссертацию по специальности «акустика».

Сейчас на кафедре решаются актуальные задачи гидро- и аэроакустики, медицинского ультразвука, нелинейной диагностики материалов и геофизических сред, акустики метаматериалов, создания нелинейных математических моделей техногенных и природных акустических явлений, обратных задач рассеяния, акустики органных и концертных залов. Направления, связанные с нелинейной и медицинской акустикой, традиционно считаются сильнейшими на кафедре, большое внимание уделяется прикладным задачам гидроакустики (развитие подводной связи, осво-



ение шельфа северных морей, акустическая томография океана). Приходите учиться к нам на кафедру!



Рис. 5. Наши стипендиаты. Слева направо: студентки магистратуры А. Кунтурова, Л. Котельникова, П. Пестова, и аспиранты Е. Пономарчук, А. Бобина, Ш. Асфандияров

Елена Ермолаева и Владимир Гусев, сотрудники кафедры акустики

НЕБЕСНЫЕ МАГНИТЫ ИЛИ КАК Я БОРОЛСЯ С КОРОНАВИРУСОМ

В середине марта вышла моя научно-популярная книга «Небесные магниты. Природа и принципы космического магнетизма». Альпина нон-фикшн, М. 2021, 152 с. В ней рассказывается о магнитных полях различных небесных тел — о магнитном поле и цикле магнитной активности Солнца, магнитной активности звезд, магнитных полях галактик и, ко-



нечно, о магнитном поле Земли. Рассказывается о том, как эти магнитные поля наблюдают и измеряют, а также о происхождении этих магнитных полей в результате работы гидромагнитного динамо, т.е. в конечном счете — в результате действия электромагнитной индукции. Книга научно-популярная, так что она обращена к читателю, не имеющему подготовки физика. Поэтому я не хочу рекомендовать ее читателям нашей газеты — им лучше читать какую-нибудь более специальную литературу, например, обзор Д.Д. Соколов, Р.А. Степанов, П.Г. Фрик, Динамо: на пути от астрофизических моделей к лабораторному эксперименту, Успехи физических наук, 184, 313–335 (2014). Есть, конечно, и много других релевантных книг и обзоров на эту тему. Однако мне кажется, что стоит немного рассказать о том, как и в связи с чем я писал эту книгу и как с ней работало издательство. Я надеюсь, что мой опыт может пригодиться читателям, которые могут и хотят писать научно-популярные книги и статьи. Конечно, взаимоотношения автора, издателя и читателя хорошо описаны в фундаментальной работе С. Клеменс “Как я редактировал сельскохозяйственную газету”, но свой опыт в чем-то всегда уникальный.

Должен сказать, что я с определенной опаской отношусь к научно-популярной литературе. Далекие от науки люди с большим трудом свыкаются с мыслью, что наука не всеисильна, не предполагает в качестве своей непосредственной цели облагоденствовать человечество, а делает это лишь иногда и непреднамеренно, а движется, прежде всего, логикой внутреннего развития и желанием разобраться в окружающем мире и, в частности, в себе самой. Не исключено, что если как следует объяснить читателю, чем занимается наука, то выделяемое финансирование не увеличится, а радикально уменьшится. Тем не менее рассматривать науку как эзотерическое знание для избранных тоже неправильно, так что научно-популярные книги писать, конечно, нужно. Должен сказать, что в позднесоветское время издавалось много первоклассных научно-популярных книг, а теперь это важное дело восстановилось еще совершенно недостаточно. Однако мысль о том, что мне нужно включаться в это дело, как-то не приходила в голову — хватало собственно научных замыслов.

Помогла пандемия — в марте прошлого года к нам пришла дочь и сказала, что готова отвезти нас в глухую владимирскую деревню Ознобишено пережить карантин и самоизоляцию. За несколько часов удалось наладить интернет (усилители вай-фай уже изобрели), поэтому связь с внешним миром и факультетом была. Работать было можно, пусть и удаленно, но оказалось, что заполнить день только этим трудно. Я решил попробовать написать что-нибудь научно-популярное. Об этом рассказано во введении к получившейся книге. Я опирался на опыт чтения лекций сначала межфакультетского курса, а потом одного из спецкурсов для магистров кафедры, где в популярной форме нужно было рассказать о том,



в какой области науки я работаю. По смыслу этих лекций они носили научно-популярный характер — никто не ожидал, что все ринутся заниматься магнитными полями небесных тел.

Очевидной проблемой при работе над книгой было то, что потенциальный читатель не владеет математическим аппаратом современной физики. Поэтому я сразу решил, что в книге не будет ни одной формулы. Не сразу, но этого удалось добиться. Пришлось чем-то заменять математику — разными житейскими аналогиями, поучительными рассказами и т.п. Конечно, при этом многие детали потерялись, но в целом оказалось, что можно, не очень далеко уходя от истины, сохранить основные физические идеи, даже если эти идеи необычные и плохо вписываются в те разделы физики, которые изучают в школе. В тот момент я еще не осознал, что не с математикой связана главная трудность.

Через два месяца рукопись была готова, и ее быстро взяло издательство «Альпина нон-фикшн». Не буду врать, что я до этого слышал о таком издательстве, но моя дочь слышала и научила, что нужно делать. До этого я общался только с научными издательствами, зарубежными и отече-

ственными. У меня было определенное предубеждение относительно работы наших коммерческих издательств. Не знаю, как дело обстоит во всех случаях, но это издательство изумило меня дотошностью работы и тщательностью редактуры. Приведу только один пример. Важной деталью в моей истории был рассказ о том, как я устанавливал рабочие отношения с известным американским астрономом литовского происхождения С. Балюнас. Дело это очень непростое. Астроном-наблюдатель тратит всю свою жизнь, чтобы получить те данные, которые теоретик просит отдать ему для работы, на которую он потратит только несколько недель или месяцев. Приходится доказывать, что ты — тот человек, с





которым можно иметь дело. В моем случае доказательство существенно опиралось на два обстоятельства. Во-первых, моя жена тоже литовка, так что я кое-что знал об этом народе. В частности, я хорошо понимал, что фамилия Балюнас не женская, а мужская, но ее носитель — женщина. Не удалось объяснить этой детали американским паспортисткам. Дело житейское. Второе — на занятиях по физкультуре на физфаке меня научили хорошо стрелять, а муж Салли — коллекционер стрелкового оружия. Оба обстоятельства хорошо сработали. Мы подружились и написали много совместных статей. Я рассказал эту историю в книге, но мне показалось ненужным рассказывать, что в Америке в фамилии ее героини был еще утерян знак долготы над буквой и, который тоже есть в литовском языке. Редактор разобрался в этом далеко не очевидном вопросе и попросил отметить его в книге. По счастью, я действительно знал этот факт — фамилия в Литве известная, ее носит один из основных производителей меда в стране, так что после посещения любого супермаркета в Вильнюсе это знание приобретается. Было еще много подобных уточнений. В некоторых вопросах пришлось разобраться дополнительно. Например, я не знал, что Аббе был не только сотрудником, но и фактически совладельцем фирмы Карл Цейсс.

Все это, конечно, очень хорошо, но было и много трудностей. Оказалось, что редактора очень удивляет тот факт, что в книге про магнитные поля слово магнитный встречается очень часто и его трудно заменить на что-нибудь другое. В частности, пришлось долго работать над названием. По представлениям издательства, оно должно было удовлетворять многим и очень строгим правилам, которым было очень трудно соответствовать. Вообще, мысль о том, что в научной речи часто встречаются термины, которые нельзя произвольно заменять на синонимы, оказалась новой и необычной. Трудно было в тех случаях, когда какой-нибудь термин в обыденной речи тоже встречается, но имеет совсем другое значение. Проблема была, например, со словом «разрешение», без которого трудно говорить на темы астрономии.

Неожиданным для редактора было и то, что фразы в научном тексте существуют не сами по себе, а связаны некоторой и часто достаточно сложной логикой, так что приходится вводить в текст много всяких уточнений. Из-за этих уточнений научный текст труднее читать, чем бульварный журнал, но без них он теряет смысл.

Неожиданно было и то, что научный текст подчиняется некоторым правилам логики. В частности, большие проблемы были со словами «предположение». Редактору казалось, что оно должно относиться к выводам, а не к посылкам рассуждения, а мысль о том, что не может быть теорем, в которых ничего не дано, а есть только утверждения, была новой и необычной.



профессор Д.Д.Соколов

В самом конце работы редакция попросила подобрать солидные научные ссылки, обосновывающие многие утверждения. Конечно, в этом не было никакой проблемы, поскольку основная база данных в астрономии — ADS — уже изобретена. Я честно предупредил, что если потенциальный читатель в состоянии прочитать по-английски десяток работ из *Astrophysical Journal*, то ему нет смысла читать мою книгу, а нужно читать что-то более специальное, но не помогло.

Но, в конце концов, мы все это преодолели, и книжка вышла. Попробуйте и Вы и не пожалеете, если, конечно, останетесь живы.

РАБОТА СО ШКОЛЬНИКАМИ В УСЛОВИЯХ ЭПИДЕМИИ

Уже на протяжении нескольких лет отделение прикладной математики физического факультета проводит активную работу со школьниками. За это время удалось добиться ряда серьезных результатов. Так, на факультете был организован практикум по компьютерному моделированию, где школьники осваивают навыки программирования и простейшие численные методы. При этом особое внимание уделяется выполнению исследовательских работ, связанных с математическими моделями различных физических явлений и процессов. Результаты своих исследований ребята могут представлять на научно-практической конференции «От атома до галактики», которую начиная с 2016 года отделение прикладной математики проводит совместно с Романовской школой города Москвы. За несколько лет конференция превратилась из небольшого локального мероприятия в большой конкурс межрегионального значения с сотнями участников. Большое внимание уделяется также работе на базе конкретных школ, в особенности — школ других городов. Особо хотелось бы отметить нашу работу совместно с Лицеом №87 города Нижнего Новгорода.



К сожалению, эпидемия коронавируса и связанные с ней ограничения нанесли в марте 2020 года по данной работе серьезный удар. Занятия стало возможно проводить только в режиме онлайн, а организация конкурсов в привычном нам очном формате попала под запрет как «массовое мероприятие». Те занятия, которые велись в 2019/2020 году, были завершены с применением дистанционных технологий (тем более, что обычно они длились до апреля и большая часть курса уже была прочитана в очном режиме). Тем не менее, достаточно быстро стало очевидно, что дистанционный режим продлится не 2–3 недели, а гораздо дольше, поэтому возникла необходимость разрабатывать принципиально новые формы работы.

В конце мая 2020 года по инициативе коллег из Центра педагогического мастерства был проведен совместный дистанционный хакатон Data Start Challenge для учащихся из Лицея № 87 имени Л.И. Новиковой города Нижний Новгород. Он был посвящен важным вопросам, лежащим на границе биологии, информатики, физики и математики. Речь шла об анализе пандемии коронавируса и разработке прогноза ее дальнейшего распространения с помощью методов математического моделирования. Школьники узнали о том, какие существуют математические модели для описания развития эпидемий, а также о том, как можно повлиять на темпы роста числа зараженных. В качестве самостоятельного задания ребятам было предложено проанализировать методы различных стран по борьбе с коронавирусом (начиная от тотального локдауна, действовавшего в западных странах, и заканчивая белорусской стратегией на выработку коллективного иммунитета при минимальных ограничениях) и попытаться предсказать с помощью методов компьютерного моделирования дальнейшие события в выбранной ими стране или регионе. Ребятам были прочитаны лекции специалистами физического факультета МГУ, факультета фундаментальных наук МГТУ имени Н.Э.Баумана и Центра педагогического мастерства, которые были посвящены различным научным подходам в исследовании эпидемий и смежных вопросов. После этого команды школьников представили результаты своей работы, а жюри под руководством заведующего отделением прикладной математики физического факультета МГУ, профессора А.Н. Боголюбова определило победителей. Отметим, что всего в конкурсе приняли участие около 60 человек.

Летом нижегородские коллеги пригласили нас выступить на Школе для учителей физики и математики региона. Свои рассказы об опыте работы со школьниками в новых условиях представили заместитель директора НИИЯФ доцент Е.В. Широков и преподаватель кафедры математики кандидат физико-математических наук Е.А. Михайлов.



Кандидат физико-математических наук Е.А. Михайлов проводит трансляцию во время онлайн-конкурса «От Москвы-реки до Волги»

В течение лета цифры, характеризующие число зараженных коронавирусной инфекцией, снизились. Поэтому было принято решение по возможности провести в сентябре хотя бы отдельные мероприятия для школьников в очном формате – естественно, в тех объемах, в которых это допустимо в соответствии с требованиями Роспотребнадзора.

Так, можно отметить работу на базе Романовской школы, с которой нас связывает длительное сотрудничество. В течение сентября в школе проводились еженедельные занятия по компьютерному моделированию, вызвавшие большой интерес у учащихся 10-го класса инженерного профиля. Был также проведен ряд занятий, связанных с подготовкой к ОГЭ по физике (увы, позже мы узнали, что данный экзамен в 2021 году будет вновь отменен).

Была совершена поездка в Нижний Новгород, где для учащихся Лицея №87 были проведены занятия по исследовательской деятельности в области компьютерного моделирования и решению задач по физике повышенной сложности. К сожалению, эти занятия по охвату участников заметно уступали тем мероприятиям, которые обычно собирали сотни ребят из разных школ не только Нижнего Новгорода, но и Нижегородской области. Теперь число участников сократилось на порядок, и мы были вынуждены действовать в соответствии с противоэпидемическими требованиями (например, нельзя было одновременно проводить занятия для учащихся разных классов, что радикально сокращает общую численность). Тем не менее в настоящих весьма непростых условиях даже мероприятие, в котором участвует нескольких десятков учащихся, можно считать неплохим результатом.



Как и следовало ожидать, с октябрьским похолоданием большинство ограничений, связанных с пандемией, вернулись, и мы продолжили работу со школьниками в дистанционном режиме. Так занятия в практике по компьютерному моделированию сразу начались с использованием онлайн-технологий.

Осенью мы провели в дистанционном формате и нашу традиционную конференцию «От атома до галактики». Конечно, по сравнению с аналогичными мероприятиями прошлых лет некоторого сокращения численности избежать не удалось, однако мы смогли сохранить все основные направления работы, и конференция прошла весьма успешно. Под редакцией сотрудников кафедры математики Н.Е. Шапкиной, Е.А. Михайлова и Д.А. Коняева был составлен уже ставший традиционный сборник тезисов докладов конференции. Отдельно хотелось бы упомянуть момент, связанный с доставкой грамот. Часть участников конференции выразили желание получить их в бумажном формате, поэтому отделением при участии Профкома студентов физического факультета была организована отправка грамот участникам конференции Почтой России.

В декабре, незадолго до Нового года, мы решили устроить дистанционный конкурс-соревнование между нашими дружественными школами из различных городов. Он был посвящен ответам на естественнонаучные вопросы, связанные с окружающим миром. Конкурс был организован совместными усилиями физического факультета МГУ, Лицея № 87 имени Л.И. Новиковой (г. Нижний Новгород), Романовской школы (г. Москва), Школы № 18 (г. Тверь) и Школы № 1561 (г. Москва). В нем также приняли участие ребята из некоторых других средних учебных заведений. В соответствии с географией участников этот конкурс получил название «От Москвы-реки до Волги». В нем приняло участие более 60 школьников, причем наиболее активными были ребята из нижегородского Лицея № 87.

В январе этого года число заболевших в большинстве российских регионов вновь пошло на спад, что позволило нам возобновить регулярные занятия на базе Романовской школы. Также в конце января состоялся выезд в Нижний Новгород, где для ребят были проведены занятия по физике, математике и компьютерному моделированию, а также были награждены победители конкурсов, прошедших ранее в режиме онлайн. Восьмого февраля на базе Лицея имени Л.И. Новиковой прошел День Науки, в честь которого администрация лицея организовала конкурс Научного общества учащихся. Видеоприветствия ученикам подготовили заведующий отделением прикладной математики профессор А.Н. Боголюбов и заведующий кафедрой биофизики профессор В.А. Твердислов.



*Профессор А.Н.Боголюбов приветствует участников конкурса
Научного общества учащихся, приуроченного ко Дню российской науки*

Конечно, сейчас трудно предугадать, как будет развиваться пандемия коронавируса в дальнейшем и в какой форме можно будет проводить мероприятия для школьников, очно или дистанционно. Тем не менее можно утверждать, что за весьма непростой 2020 год мы научились вести работу в дистанционном онлайн-режиме и она дает определенные полезные результаты.

В заключение хотелось бы перечислить фамилии наших коллег, а также студентов и аспирантов физического факультета, который внесли свой вклад в проведение отмеченных мероприятий: профессора А.Н. Боголюбов, В.А. Твердислов; доценты Н.Е. Шапкина, С.Б. Рыжиков, Е.В. Широков; ассистент Е.А. Михайлов; с.н.с. Н.Б. Гудимчук, И.Р. Насимова; н.с. Д.А. Коняев; м.н.с. Н.А. Боголюбов; в.п. Ф.Б. Хлебников; аспиранты А.В. Чухнова, К.С. Князева; студенты Т.Т. Хасаева, И.М. Каданова, А.М. Расулов, Г.И. Антонюк, С.В. Самченко. Выражаем им всем большую благодарность.

*профессор А.Н. Боголюбов,
ассистент Е.А. Михайлов,
доцент Н.Е. Шапкина*

К 90-ЛЕТИЮ СО ДНЯ РОЖДЕНИЯ ЛЕОНИДА ВЕНИАМИНОВИЧА КЕЛДЫША

7 апреля 2021 года исполнилось 90 лет со дня рождения выдающегося физика, основателя кафедры квантовой электроники, профессора физического факультета МГУ, академика РАН Леонида Вениаминовича Келдыша. Он ушёл из жизни 11 ноября 2016 года, оставив богатое научное наследство в физике и глубокий след в памяти его учеников и коллег, которым посчастливилось работать и общаться с ним. Значительная часть его жизни была тесно связана с нашим факультетом. Закончив физический факультет МГУ в 1954 году и став сотрудником ФИАН, Л.В. Келдыш в 1965 году приходит по приглашению Р.В. Хохлова на кафедру волновых процессов на позицию профессора. С этого момента Л.В. Келдыш до последних дней не прерывает связь с факультетом. После трагической гибели Р.В. Хохлова он в 1978 году создает на базе части кафедры волновых процессов кафедру квантовой радиофизики (с 2001 года кафедра квантовой электроники), в основание которой были положены научные направления широкого спектра физики конденсированных сред и квантовой электроники.



Будучи физиком-теоретиком, Леонид Вениаминович всегда интересовался работой экспериментаторов и поддерживал создание новых перспективных экспериментальных направлений, привлекая своих учеников к анализу и объяснению получаемых результатов. Несмотря на ограни-



ченные ресурсы кафедры, он всегда находил возможности инициировать и поддерживать экспериментальные исследования.

Л.В. Келдыш всю жизнь вёл активную педагогическую и просветительскую работу. Начав со знаменитого курса на кафедре волновых процессов «Взаимодействие электромагнитного излучения с веществом», он продолжил формировать программу лекционных курсов на созданной им кафедре квантовой радиофизики. Лекции Л.В. Келдыша, по отзывам тех, кому довелось их слушать, поражали глубиной проникновения в предмет, филигранной отточенностью деталей и формулировок, а также безупречной логикой. По созданным им пособиям учатся многие физики-теоретики. Педагогическая деятельность Л.В. Келдыша была тесно связана с его учениками, которые в любой момент могли получить не только совет, но и критику. Многие известные учёные, заслужившие академические звания и награды, считают себя его учениками.

Леонид Вениаминович Келдыш был великим физиком, выдающейся личностью и замечательным человеком. Идеи и результаты Л.В. Келдыша сформировали целые области физики, его имя носят эффекты, формулы, теории, составляющие основу многих направлений физики конденсированного состояния, квантовой теории неравновесных процессов и нелинейной оптики.

Начало научной деятельности Л.В. Келдыша пришлось на период становления полупроводниковой электроники в 50-х годах. Те задачи, которые ставила перед теоретиками физика полупроводников, во многом определили основные направления научной деятельности Л.В. Келдыша. Это концепция «неупругого» туннелирования в полупроводниках и теория ионизации в сильном электромагнитном поле — принцип работы диода Эсаки. Одно из предсказанных им явлений — сдвиг края поглощения в кристаллах в электрическом поле — носит его имя: эффект Франца — Келдыша. Многофотонная ионизация атомов в сильном лазерном поле — теоретическая основа создания сверхкоротких (аттосекундных) лазерных импульсов. Диаграммная техника Келдыша для неравновесных процессов стала рабочим инструментом теоретиков во многих областях современной физики, от высоких энергий до теорий сильно коррелированных, низкоразмерных и наносистем в твердом теле, в том числе и теории управления единичными молекулами туннельным током. Леонид Вениаминович первым предвидел гигантские возможности управления электронными спектрами твердых тел с помощью сверхрешеток — принцип работы наноустройств; с этой идеи началась физика гетероструктур, основа современной нанофизики. Его теоретические предсказания новых состояний — электронно-дырочной жидкости, бозе-конденсации двухфермионных составных возбуждений (экситонов), экситонного изо-



лятора, фоноритонов — десятилетиями служат катализатором интенсивных исследований в современной физике.

В последние годы Леонид Вениаминович уделял особое внимание исследованиям в области квантовых технологий, основы которых были заложены профессором кафедры Д.Н. Клышко и его учениками. Отношение Л.В. Келдыша к перспективам этого научного направления иллюстрируется цитатой из его выступления на физическом факультете 22 ноября 2001 года: «Успехи квантовой механики в последующие годы, даже без явной экспериментальной проверки, предложенной Эйнштейном, были столь значительны, что в нее поверили. По моим наблюдениям, а я достаточно давно вращаюсь в физическом сообществе, в этом сообществе доминировала такая точка зрения: конечно, квантовая механика правильная, ее математический аппарат точно правильный, а по физике там какая-то муть в основе. Поэтому предлагались всякие интерпретации, которые предлагали очень достойные люди после Эйнштейна, например, Мюрей Гелман — тоже автор одной из таких интерпретаций. Было ясно, что вопрос когда-то утрясется. Скорее всего, он утрясется тогда, когда эти принципиальные вещи каким-то образом войдут в практику. Вот когда все физическое сообщество начнет интересоваться этими вопросами, тогда постепенно оно привыкнет, разберется, что есть что, что нужно, что не нужно. Такая ситуация возникла в связи с изобретением всех квантово-информационных технологий. Я сам не являюсь поклонником квантового компьютера. Во-первых, не известно, что он даст, во-вторых, не ясно, когда он будет осуществлен. Тем не менее, как минимум одна польза от всех этих вещей, я сейчас говорю о моде, которая возникла, на разговоры, какие задачи будут решаться квантовыми компьютерами, состоит именно в том, что физическое сообщество во всем мире заново изучает квантовую механику и пытается ее понять. Я думаю, что постепенно эти разговоры насчет ее несоответствия в каких-то основах должны рассосаться и исчезнуть, и термин квантовые парадоксы тоже постепенно исчезнет».

Выдающиеся научные достижения Л.В. Келдыша были отмечены многими наградами и премиями: Ломоносовской премией АН СССР (1964), Ленинской премией (1974), премией «Хьюлетт-Паккард» Европейского физического общества (1975), премией им. Александра Гумбольда (1994) и премией Президента РФ в области образования (2003), Золотой медалью имени С.И. Вавилова РАН (2005), Международной премией в области нанотехнологий RUSNANOPRIZE (2009), Eugene Feenberg Memorial Medal (2011), Премией имени И.Я. Померанчука (2014), Большой золотой медалью имени М.В. Ломоносова — высшей наградой Российской академии наук (2015). В 2001 году он первым среди



физиков стал лауреатом государственной премии «Триумф». С 1996 года Л.В. Келдыш — член Американского физического общества. В 1997 году он был удостоен почетного звания Рентгеновского профессора Вюрцбургского университета.

Л.В. Келдышу довелось занимать самые высокие посты в нашей научной иерархии. В 1989–1993 годах он был избран директором ФИАН, в 1991–1996 годах Л.В. Келдыш стал академиком-секретарем Отделения общей физики и астрономии РАН, затем — советником Президиума РАН и председателем Национального комитета российских физиков.

В течение многих лет Л.В. Келдыш был членом редакционных коллегий журналов «Физика и техника полупроводников», «Доклады РАН», *Solid State Communications*. С 29 декабря 2009 года до конца жизни работал главным редактором журнала «Успехи физических наук».

На любом посту его решения всегда были принципиальны и мотивированы интересами науки и подготовки квалифицированных специалистов. Он остается примером служения науке и честного отношения ко всем обязанностям, которые он считал необходимым взять на себя для сохранения науки и образования в России.



С целью признания заслуг Леонида Вениаминовича Келдыша как выдающегося ученого и организатора науки академия наук учредила золотую медаль имени Л.В. Келдыша, присуждаемую РАН российским ученым за выдающиеся работы в области физики конденсированного состояния. Первое вручение этой медали приурочено к 90-летию со дня рождения Леонида Вениаминовича Келдыша.

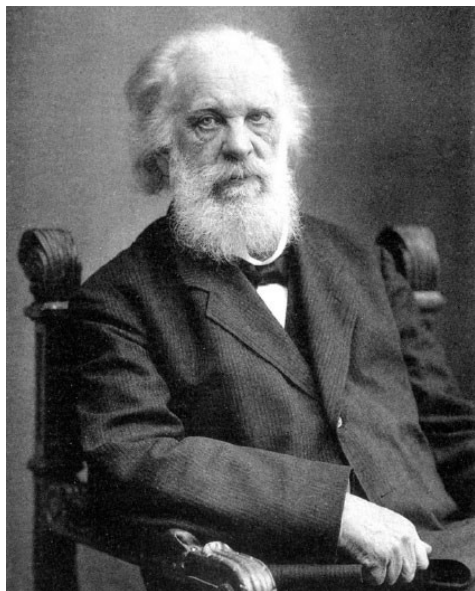
Сотрудники кафедры квантовой электроники

НИКОЛАЙ АЛЕКСЕЕВИЧ УМОВ

175 лет со дня рождения

Выдающийся физик Николай Алексеевич Умов родился 4 февраля 1846 года в Симбирске. В 1867 году окончил Императорский Московский университет и был оставлен для подготовки к профессорскому званию. С 1893 по 1911 год был профессором Московского университета, а с 1896 года, после смерти А.Г. Столетова, возглавлял кафедру физики. Умер Николай Алексеевич 28 января 1915 года.

Работы Н.А. Умова посвящены теории колебательных процессов, электричеству, оптике, земному магнетизму, молекулярной физике. Важным результатом его



теоретических исследований было создание учения о движении энергии, которое он изложил в 1874 году в своей докторской диссертации "Уравнение движения энергии в телах".

В ней впервые ввел понятие о скорости и направлении движения энергии, плотности энергии в данной точке среды, пространственной локализации потока энергии. В 1884 году понятие о потоке электромагнитной энергии ввел Дж. Пойнтинг, описав движение электромагнитной энергии с помощью вектора (вектор Умова–Пойнтинга).

Профессор Н.А. Умов пользовался большой любовью студентов. О его лекторском мастерстве ходили легенды. Выпускник физико-математического факультета, окончивший университет в 1903 году и впоследствии ставший знаменитым русским писателем Андреем Белым, Борис Николаевич Бугаев посвятил Умову целую главу своих воспоминаний (А. Белый. На рубеже двух столетий. М.; «Художественная литература», 1989).

«Другой образ встает, подаваемый памятью с математиками; не математик, а физик, окончивший математический факультет с математической выправкою, называющий себя учеником отца, хотя был по возрасту



близким отцу — Николай Алексеевич Умов; мне он особенно удивителен сочетанием блеска, ума, прекраснейших душевных качеств; и — скуки; такова реакция Умова на быт, как на лакмусовую бумажку; сунь одних людей в этот быт, и человек окрасится в красный цвет холерически развиваемых интересов к быту, затрепыхается в нем, как воробей в пыли (тем хуже для него!), являя интересное, нескучное зрелище, но... неприятное зрелище; другой человек, сунь его в этот быт, окрасится интенсивно синюю скукою; интересный в статьях Бобынин реагировал на быт потрясающей скукою, развиваемой им; Млодзиевский — развивал перепыхи; Бобынин мне симпатичнее.

Умов был тоже скучен, при разгляде издали, а таким разглядом были мне его посещения нас, разговоры его с моей матерью и т.д.: по существу он — живая умница, интереснейший человек, глубокий ученый, философ, чуткий к красоте общественный деятель; как-то: он волновался проблемами демократизации знаний; читал физику и медикам, и агрономам, живо действовал в комиссии по реформе средней школы в 1898 году; не ограничиваясь публичными речами, прекрасными по форме, глубокими по содержанию, он печатал статьи в журналах и газетах, организовывал и двигал "Общество содействия опытных наук" имени Леденцова; болел студенческими волнениями; в эпоху Кассо он демонстративно ушел из Университета; друг и постоянный собеседник Мечникова (в бытность последнего в Одессе) и Сеченова, — разумеется, он не был "скучен"; он казался таким мне в условиях быта, где ему предлагалось не блистать афоризмами, а говорить так, как "у нас" говорят; пресловутое "у нас" деформировало мне мои детские представления о впоследствии столь любимом профессоре. Но даже в скуке в нем было нечто монументальное; не просто скуку он выявлял, а саму, так сказать, энтропию, мировое рассеяние энергии.

Но эта скука получала и объяснение, и раскрытие, когда Николай Алексеевич всходил на кафедру: сверкать умом, жизнью, блеском, срывать голубой покров неба и показывать коперниканскую пустоту в величавых жестах и в величавых афоризмах, которые он не выговаривал, а напевно изрекал, простерши руки и ставя перед нами то мысль Томсона, то мысль Максвелла, то свою собственную: "На часах вселенной ударит полночь..." Пауза: "Тогда начнется — час первый..." Или: "Мы — сыны светозарного эфира"... или: "Ньютоново представление силы описало магический круг вокруг атома..." Он любил пышность не фразы, а углубленной мысли, к которой долго подбирал образ... И образы его были крылаты; он ширял на них; и ставились они перед сознанием нашим всегда неожиданно, при демонстрации очень помпезно поставленного опыта. Он любил помпу в хорошем смысле; и поражал наше студенческое воображение.



Никогда не забуду, как однажды по взмаху его руки упали все занавески в физической аудитории: мы — остались во мраке; вспыхнул луч проекционного фонаря, с потолка спустилась веревка с гирей, которую раскачали тут же; и мы внятно тогда увидели на экране появление тени и отлетание тени, а мрак пропел голосом Умова: "Мы присутствуем при вращении Земли вокруг оси".

А как он готовил нас к событию обнародования трех принципов Ньютона! И, подготовив, вывесил гигантский плакат с аршинными буквами: "Principia, sive leges motus" (Принципы, или законы движения); войдя, мы ахнули; а он, подхвативши наш "ах", с великолепной простотой, но образно, вскрыл нам ньютонову мысль.

Он вводил нас в суть вопроса, как жрец, сперва протомив подготовкою; взывал занавесь, и мы видели не историю становления вопроса, а некую драму-мистерию; так, пленив нас вопросом, он углублялся уже в детализацию и раскрытие чисто математических формул.

Я потому останавливаюсь на Умове как лекторе, что, пожалуй, из всех профессоров он был самый блестящий по умению сочетать популярность с научной глубиной, "введение" с детализацией: редкая способность!

И через двадцать лет, вспоминая его, я отразил Николая Алексеевича в стихах:

И было: много, много дум,
И метафизики, и шумов...
И строгой физикой мой ум
Перепопнял профессор Умов.

Над мглой космической он пел,
Развив власы и выгнув выю,
Что парадоксами Максвелл
Уничтожает энтропию, —

Что взрывы, полные игры,
Тяят томсоновы вихри
И что огромные миры
В атомных силах не утихли...

Статьи Умова, касающиеся вопросов общей физики, не уступают классическим, цитируемым речам мировых ученых, — Томсона, Лоджа, Пуанкаре. Умов в лучшем смысле был не только философ, но и бард физики; он заставил и приучил меня на всю жизнь с глубоким трепетом прислушиваться к развитию физической мысли; и еще недавно, в двадцать седьмом году, возвратясь к некоторым проблемам атомной механики, читая Иоффе, Френкеля, Михельсона, Томсона и Резерфорда, я



благодарил Умова за ту подготовку, которую он нам некогда дал. Прошло двадцать семь лет; но, едва коснувшись физики из совсем других горизонтов, я нашел в себе то, что им было выгравировано в моем мозгу; он дал возможность почувствовать самый ритм кривой истории физики.

Н. А. Умов был новатором; в его голове бродили научные идеи огромной важности; он первый сформулировал идею о движении энергии, которая укоренилась в науке, подтвердась в специальных работах.

Сперва он вскрывает реальный базис понятия "потенциальная энергия", как кинетической же, т.е. реальной, но конкретно не вскрытой в данной системе сил; теоретическая замкнутость системы становится фактически не замкнутой, ибо она замкнута в средах, еще не ошупанных реально. Позднее он меняет формулировку своего принципа, формулирует понятие о плотности энергии и т.д.; проводит он свою мысль в ряде конкретных работ (дает ряд дифференциальных сравнений, конкретизирующих его положение) — вплоть до теории упругости, его теоремы становятся известными за границей; "закон Умова" входит в историю физики, в сфере электромагнетизма его теории подтверждаются позднее английскими физиками, к корпорации которых он принадлежит, как "доктор" Глазговского университета; его работы рекомендует вниманию гениальный Томсон (Кельвин); его раннюю работу о стационарном течении электричества использовал Кирхгоф в формах, нарушающих добрые нравы науки (т.е. почти спланировал).

Убеденный картезианец, он, однако, менее всего страдал узостями "механизма", подобно многим картезианцам своего времени, соединяя четкость методологической мысли с высокими и глубокими полетами.

Умов был вдохновителем и интерпретатором высот научной мысли.

Высокий, полный, седой, с огромным челом, с развевающимися "саваофовыми" волосами, с прекрасной седой бородой и с мечтательными голубыми глазами, воздетыми горе, с плавно дирижирующей каким-то кием рукой, — кием или жезлом, которым он показывал то на доску, то на машины, приводимые в движение тоже в свое время знаменитым ассистентом Усагиным*, он — пел, бывало; и — некое "да будет свет" слетало с его уст. Лекции Умова по механике напоминали мне космогонию; ход физической мысли делался воочию зримым; формулы вылеплялись и выгравировались, как почти произведения искусства; кинетическая теория газов была им, так сказать, соткана перед нами из формул, как тонкая шаль, которой он попытался окутать и мир жидких тел, и мир твердых, как ступени осложнения тех же простейших газовых законов. Огромная область физика была им высечена перед нами, как художественное произведение, единообразное по стилю; мы почти видели, как из хаоса молекулярных биений свайвалась предметность обставшей видимости.



Таков был он на лекциях: крупная умница, свободная от предрассудков; он был смел предельно...

...Так же он был широк на экзамене; и — хотя требователен по отношению к минимуму знаний, им нам выдвигаемому, как обязательному; за незнание типичных формул он ставил двойки безжалостно; и — никогда не придирался; еще он требовал ясного понимания метода; и очень любил теоретическое расширение вопроса...»

*Материал подготовлен профессором А.С. Илюшиным
Советский физик. №1(43) 2005*

***Примечание Главного редактора.**
Иван Филиппович Усагин — самоучка, с 1874 г. ученик механических мастерских Московского университета, с 1884 г. — бессменный демонстратор физических опытов, с 1893 г. работал под руководством Умова, с 1915 г. — старший ассистент по кафедре физики (утвержден в должности без университетского образования). Изобретатель трансформатора.

*Памятник И.Ф. Усагину.
Московская область,
Клинский район, Петровское. 1958 г.*



МАГАРИТА АРСЕНЬЕВНА ЗНАМЕНСКАЯ: ЕЕ ЖИЗНЬ И ЕЕ БИБЛИОТЕКИ

К 100-летию со дня рождения Маргариты Арсеньевны Знаменской (1920–2018)

28 декабря 2020 года исполнилось 100 лет со дня рождения Заслуженного работника МГУ Маргариты Арсеньевны Знаменской. Маргарита Арсеньевна была первой заведующей библиотекой физического факультета после переезда физического факультета в новое здание на Ленинских горах. М.А. Знаменская проработала в библиотеке 65 лет. 50 лет она была заведующей библиотеки физического



факультета, а затем продолжала работать в ней же в должности главного библиотекаря. Общий стаж работы Маргариты Арсеньевны в библиотеках Москвы — 75 лет!



Маргарита Арсеньевна была хорошим организатором, прекрасным человеком, широко одаренным, разносторонним. В 2005 г. отдел фоновых документов Научной библиотеки МГУ записал воспоминания М.А. Воспользуемся некоторыми материалами из этой расшифровки, чтобы рассказать о Маргарите Арсеньевне.

М.А. Знаменская родилась 28 декабря 1920 г. в Твери. Отца Маргариты Арсеньевны звали Артемий Павлович, а маму — Антонина Михайловна. Род Знаменских можно проследить по документам до 1745 г. Это были духовные лица — дьяконы, священники.

Отец Маргариты Арсеньевны служил в Красной Армии, был комиссаром эвакогоспиталя в Твери. До этого он закончил 4 класса семинарии, за революционную работу был арестован, потом был партработником. В 1929 г. он учился в Комакадемии и с 30-го года его оставили на работу в Москве. С тех пор Знаменские жили в Москве. Мама была домашней хозяйкой. В семье было трое детей. Отец Маргариты Арсеньевны умер рано — в 1933 г.

Маргарита Арсеньевна училась с третьего класса в московских школах — сначала в 4-й школе Сокольнического района, а потом в 372-й школе-новостройке, на самой окраине Москвы около теперешнего стадиона «Локомотив», тогда там была Архиерейская роща, пруд и храм Ильи Пророка. В школе в те времена дети проводили много времени, была масса кружков — драмкружок, хор. Много внимания уделялось эстетическому воспитанию. Три раза в месяц детей водили в театры или клубы.



Маргарита Арсеньевна занималась в районном Доме пионеров в хоре. Три раза хор выступал в Большом театре на Торжественном собрании 6 ноября. В 1938 г. Маргарита Арсеньевна закончила школу. Она хотела пойти учиться либо искусствоведению, либо театроведению. Пришла она в ГИТИС, попала к одной даме, которая презрительно поглядела на платьишко и паршивые босоножки Маргариты Арсеньевны и спросила, есть ли у нее кто-нибудь знакомый в театральном мире. Маргарита Арсеньевна ответила, что нет. Дама сказала, что в этом году поступает племянница Москвина, так что не стоит терять год. Маргарита Арсеньевна обиделась и ушла. Она взяла справочник для поступающих в вузы и нашла в нем библиотечный институт. Библиотекарем Маргарита Арсеньевна быть не хотела, но вот библиография ее заинтересовала. В те годы институт был престижным. Лекции в институте читали известные ученые, и было очень интересно. Когда началась война, институт уехал в Стерлитамак. А Маргарита Арсеньевна осталась в Москве. Работала в разных местах, в т.ч. и на автозаводе им. Сталина. В 1942 г. возобновились занятия для оставшихся студентов.

В 1944 г. Маргарита Арсеньевна окончила Библиотечный институт. Работать она начала в Государственной Научной Библиотеке (нынешняя ГПНТБ). Маргарита Арсеньевна проработала в ней 9 лет — до 1953 г. Она работала в справочном отделе — выполняла различные справки по запросам читателей. Диапазон тем был огромным. Было тяжело, но и интересно. Затем оказалось, что не хватает сотрудников в реферативном журнале, который издавала ГНБ. В журнале Маргарита Арсеньевна проработала библиографом-редактором 7 лет. В 1953 г. сотрудники журнала обнаружили у себя на столах газету со статьей «Журналы, рабоблествующие перед границей»*. В статье говорилось и об их реферативном журнале.

Большое количество рефератов писалось по иностранным статьям, а по русским — мало. Это было поставлено в вину. В итоге журнал был закрыт. Маргарита Арсеньевна стала искать работу.

А в этом году на Ленинских горах открылись новые корпуса МГУ и в Главное Здание водили экскурсии. Попастъ туда было трудно, но помогла знакомая — Анастасия Порфирьевна Гниловская, с которой Маргарита Арсеньевна училась в институте. Девушка работала в спецхране библиотеки МГУ, она и повела Маргариту Арсеньевну по университету. Узнав, что Маргарита Арсеньевна без работы, она предложила ей подняться на 12 этаж. Там она представила Маргариту Арсеньевну заместителю директора Научной библиотеки МГУ Николаю Александровичу Белозерову. Белозеров предложил ей работу заведующей библиотекой физического факультета. Позже он представил Маргариту Арсеньевну декану физического факультета профессору Арсению Александровичу Соколову.



Приступила к работе в библиотеке физического факультета Маргарита Арсеньевна в январе 1954 г. Это было очень интересное время. Приходилось комплектовать фонды библиотеки, которые приобретались в т.ч. и в букинистических магазинах. Читателей было много. Нелегко было найти свободное место в читальном зале. Наполнялись библиотечные каталоги. Расстановка книг теперь велась по новой классификации, разработанной в МГУ при активном участии многих ученых. Классификация Рейсса середины 18 века уже совершенно не соответствовала классификации наук в середине 20 века. Проводились интересные выставки новых книг и журналов. Желающих просмотреть новинки всегда было много. С 1957 г. проводятся занятия по библиотечно-библиографическому ориентированию для студентов 1 курса. Позже стали проводить занятия по русским и иностранным реферативным журналам со студентами 4 курса.

Маргарита Арсеньевна была редактором нескольких томов важного справочно-библиографического издания Научной Библиотеки МГУ, посвященного иностранным и русским журналам. У нее есть статья в книге «Опыт работы Научной библиотеки МГУ». Маргарита Арсеньевна, Алевтина Прохорова, другие сотрудники библиотеки много лет активно участвовали в Столетовских чтениях в г. Владимире, сделали интересные доклады. Это закономерно, т. к., во-первых, А.Г. Столетов был профессором физического факультета Московского университета, а, во-вторых, его личная библиотека, а позже и библиотека профессора П.Н. Лебедева, были завещаны библиотеке Московского университета.

В 1990-е годы началась компьютеризация библиотеки. Появились различные электронные реферативные базы данных, сначала на дисках, а позже — с доступом по интернету. Появился доступ к электронной библиотеке журналов eLibrary, затем к отдельным реферативным базам и базам научных журналов.

В последнее время в МГУ есть доступ ко многим реферативным базам и базам книг и журналов на русском и иностранных языках. Работа в библиотеке резко изменилась. Каталоги библиотеки доступны в интернете, многие книги и журналы — тоже. Посещаемость библиотеки падает. Сотрудники библиотеки сами часто обращаются к различным электронным базам для поиска информации.

Все эти события происходили на глазах и с участием Маргариты Арсеньевны Знаменской. В меру сил она вникала во все новое, что происходило в области информатизации и компьютеризации.

В 1979 г. я поступил на физический факультет и хорошо помню, как прекрасно проводили занятия по библиотечно-библиографической ориентации Маргарита Арсеньевна и другие сотрудники библиотеки. Я не



думал, что судьба сведет меня снова с Маргаритой Арсеньевной. Маргарита Арсеньевна очень помогла мне в освоении новой для меня профессии. Огромное ей спасибо за это.

Все сотрудники библиотеки очень тепло вспоминают о Маргарите Арсеньевне и стремятся брать с нее пример истинного служения делу своей родной библиотеки и университета.

С некоторыми материалами о М.А. Знаменской можно ознакомиться в номерах «Советского физика»: № 2, 2011 г., №7, 2011 г., № 5, 2018 г. В 2021 г. в библиотеке физического факультета была организована выставка, посвященная 100-летию со дня рождения Маргариты Арсеньевны Знаменской.

*Заведующий библиотекой физического факультета МГУ
Зуев В.М.*

***Примечание главного редактора.** Причины кампании по борьбе с космополитизмом хорошо объяснил В.К. Новик в статье «Образ Ломоносова и Советская власть. Июнь 1941-ноябрь 1986. «Советский физик». №2(86), 2011.

ЕСТЬ ПРОРОКИ В СВОЕМ ОТЕЧЕСТВЕ!

К 60-летию полета Ю.А. Гагарина

Сообщение ТАСС 12.04.1961 г.

12 апреля 1961 г. в Советском Союзе выведен на орбиту вокруг Земли первый в мире космический корабль-спутник «Восток» с человеком на борту.

Пилотом-космонавтом космического корабля-спутника «Восток» является гражданин Союза Советских Социалистических Республик летчик майор ГАГАРИН Юрий Алексеевич.

Старт космической многоступенчатой ракеты прошел успешно, и после набора первой космической скорости и отделения от последней ступени ракеты-носителя корабль-спутник начал свободный полет по орбите вокруг Земли.

По предварительным данным, период обращения корабля-спутника вокруг Земли составляет 89,1 минуты; минимальное удаление от поверхности Земли (в перигее) равно 175 километрам, а



гл. 13, ст. 57): «...Иисус же сказал им: не бывает пророк без чести, разве только в отечестве своем и в доме своем».

Но жизнь показывает, что такие пророки есть!

В далеком 1934 году Константин Эдуардович Циолковский (1857–1935) говорил:

«Не хочется умирать на пороге проникновения человека в космос... Я свободно представляю первого человека, преодолевшего земное притяжение и полетевшего в межпланетное пространство. Я мог бы без труда обрисовать его, так он близок и понятен. Он — русский. В этом я не сомневаюсь. Об этом я много раз говорил. Он — гражданин Советского Союза. По профессии, скорее всего, лётчик. Представляю его открытое русское лицо, глаза сокола».

Прошло 27 лет, и пророчество Циолковского сбылось.



12 апреля 1961 года в космос полетел Юрий Алексеевич Гагарин (1934–1968).

«Планета (Земля) есть колыбель разума, но нельзя вечно жить в колыбели», — утверждал Циолковский еще в 1911 году в статье «Исследование мировых пространств реактивными приборами».

Будем надеяться на скорое выполнение и этого пророчества!

P.S. Не всем пророкам так «везет». В прошлом году исполнилось 100 лет со дня написания романа «Мы», его автор Е.И. Замятин был не



просто писатель-фантаст, он был творцом будущего — инженером-кораблестроителем, революционером. Успешность его прогнозов даже не обсуждалась, а юбилейная дата, хотя Замятин был основателем нового популярного литературного направления и его многие прогнозы сбылись, прошла незаметно.

Показеев К.В.

СЕВАСТОПОЛЬСКИЕ РАССКАЗЫ

К 77 годовщине освобождения Севастополя



Оборона Севастополя. А.А. Дейнека. 1942 г.

Вероятно, читатели помнят, что «Севастопольские рассказы» — это книга Л.Н. Толстого, сразу поставившая его в круг великих русских писателей. Причем поставившая не только в переносном смысле, но и буквально: вспомните известную фотографию, на которой Лев Николаевич стоит, облаченный в военную форму, в кругу русских классиков. Каков граф! Только вошел в литературу — и сразу в классики.

Так вот, не претендуя на лавры Льва Николаевича, скорее желая напомнить, что он сражался на бастионе при обороне Севастополя, решил назвать свой небольшой рассказ — не книгу, а только рассказ — именно так: «Севастопольские рассказы».

Рассказ состоит из небольших заметок, которые возникли на основе разговоров с жителями Севастополя, причем с ее жительницами. И тема, которая меня интересовала — Великая Отечественная война. Воспоминания только женщин, понятно почему: не было встреч с мужчинами, которые бы поделились своими воспоминаниями.

1. Начало войны. Муж, военный моряк, ушел ночью 22 июня, еще до рассвета, оставив ее и годовалого сына. Было это не в Севастополе, а в Одессе. Больше она его не видела — ни его, ни кого-либо из его сослуживцев. Пыталась найти, но не смогла. Пропал без вести. Дальше вспоминать ей не хочется. Было тяжело — это не те слова, которыми можно выразить то, что было.



*Русские писатели И. А. Гончаров, И. С. Тургенев, Л. Н. Толстой, Д. В. Григорович, А. В. Дружинин и А. Н. Островский. 15 февраля 1856 г.
Фотография С. Л. Левицкого*

Но все тяжелое прошло. Сын вырос, стал врачом, затем главврачом большой больницы.

2. Сорок второй год. Эвакуация из Керчи. Вспоминает бывшая машинистка штаба армии. Выезжают на машине из города и видят, подни-



маясь на пригорок, как с противоположной стороны въезжают в город немцы. Но смогли, успели благополучно доехать до аэродрома. Затем перелет через пролив, налетают истребители врага, но летели в сопровождении наших истребителей. Это спасло. Страшный вид на море в иллюминатор, который вспоминается до сих пор с ужасом: все море покрыто бескозырками...

А дальше — Кубань, тяжелейшие бои, потери, потери...

3. А вот воспоминание детское. В сорок первом рассказчице было пять лет. Дом был расположен у центрального городского рынка. Кто бывал в Севастополе, представляет: это совсем недалеко от моря, от Артабукты. В семье две девочки, пяти и восьми лет. Страшные бомбежки, спасались от них, укрываясь в щели во дворе дома. В один из авианалетов бомба разорвалась совсем рядом, щель засыпало землей. Младшую откопали, откачали. Но долго болела — контузия. Старшенькую спасти не смогли. Отец перевез семью в Балаклаву, где до войны работал инженером на винзаводе «Золотая балка». Затем — удачная эвакуация, это редкость.

Балаклава — отдаленный район Севастополя. В начале прошлого века Балаклава была связана с центром Севастополя трамваем. В Балаклавской бухте в войну 1853–1855 гг. базировались англичане. В сети можно найти интересные фотографии этого периода. В Великую Отечественную войну в Балаклаве был последний пункт обороны города, который, «стоя насмерть», как написано на памятнике в Балаклаве, защищали моряки и бойцы НКВД.

В Балаклаве единственный раз за все многочисленные поездки в Севастополь довелось мне услышать украинскую речь, и это несмотря на то, что все вывески были на «мове». Это было до 2014 года. В воскресенье с двумя профессорами мы приехали в Балаклаву. Один из них, В.С. Сенашенко, приехавший сюда впервые, обратил внимание на памятник недалеко от набережной:

— Кто это?

— Леся Украинка!

— О, я даже помню ее стихотворение!

И прочел стихотворение на украинском. Вот так впервые за многие годы в Севастополе я услышал украинскую речь.

4. Вот еще детские воспоминания пожилой севастопольской женщины, разговор с которой состоялся на третьем бастионе. Бастион расположен рядом с гостиницей филиала МГУ в Севастополе. Величественный комплекс бастиона, созданный к пятидесятилетию героической обороны города в период войны 1854–1856 гг., находится в запущенном состоянии. Выломаны фрагменты некогда чудесного чугунного ограждения,



обшарпана имитация бруствера, на которой помещены чугунные плиты с названием подразделений, сражавшихся на бастионе, вокруг грязь, трава.

Трава забвенья?

Зато рядом, правда, пока скромный, новый памятник — знак памяти французским захватчикам, штурмовавшим этот бастион. Почему-то в последнее время как грибы растут памятники недавним захватчикам: изуверам — венгерским фашистам, свирепствовавшим на орловщине, немецким оккупантам, сжигавшим смолян и т.п.

Но вернемся к воспоминаниям. Детские отрывочные воспоминания переплетаются с более поздними рассказами матери. Она родилась в Севастополе в 1938 г., через год семья переехала в Керчь. Отец — старшина ЧМ флота ушел в Севастополь пешком в 1941 г., больше вестей от него не было. Никогда. В 1942 с матерью успешно эвакуировались из Керчи: из трех барж, отошедших в то утро, в Тамань пришла одна — их баржа. Мама, по ее рассказам, на всю жизнь запомнила лица летчиков, которые улыбаясь и хохоча расстреливали на бреющем полете тонущих детей. (Сейчас модно рассуждать, что это были обычные люди, что только обстоятельства заставили их выполнять приказы и т.п. Удобная позиция подлецов. То есть, если вы превратились в скота, зверя, вы всегда сможете найти убедительные доводы для оправдания своего скотского поведения и своих зверств: обстоятельства были сильнее.) Это, конечно, воспоминания о рассказах матери, ребенок мало что помнил.

Зато девочке хорошо запомнилась голодная Тамань. После успешной десантной операции в Крыму они с матерью возвращаются в Керчь! Надо думать, мать пыталась узнать что-нибудь о пропавшем муже. Керчь уже совсем другая (побыла под немцами) — не пускали на постой женщину с ребенком, не подавали. Затем еще более страшная эвакуация в Тамань. Но пронесло! Отступление с нашими частями. Плен кратковременный, который должен был завершиться расстрелом. Спасло чудо: мама в детстве жила в Прибалтике, знала немного латышский и что-то начала нашепывать по-латышски. В расстрельной команде оказался латыш. И, вместо ямы с трупами (о счастье!), они опять попали опять в сарай с заключенными. Повезло опять: ворвались наши танки, бой был скоротечным, немцы не успели расстрелять заключенных. От недоедания и волнений начались проблемы со слухом и речью. Долго лечилась, но врачи спасли. Сейчас некоторые (убогие?) любят поболтать о цене Победы. Так вот можно напомнить, что после войны в стране было более 40 млн. раненых, из них более 11 млн. инвалидов, в том числе 3 млн. одноруких, более миллиона (!!!) без обеих рук.

Вспоминаются ночные бомбежки — интересно было. В небе разноцветные огоньки, фонтанчики (девочка не слышит стрельбу, разрывов



падающих вокруг бомб — временная утрата слуха), а мама закрывает ее, не дает смотреть. Только позже она поняла, что мама прикрывала ее собой.

А потом все было прекрасно: школа, вуз, муж-морьяк, ходил в загранку. Одесса, Владивосток, опять Севастополь. Сын в Москве, кончил МФТИ, владелец фирмы.

P.S. Немного о памяти. В апреле 2019 года опрос десяти студентов филиала МГУ в Севастополе показал, что никто из них не знает ничего о Казарском, его подвиге и даже о памятнике Казарскому, который уже почти 200 лет украшает Севастополь! Памятник был заложен в 1834 году и является старейшим из 1400 памятников и монументов, установленных в Севастополе.



А буквально в эти дни в Санкт-Петербурге президент РФ В.В. Путин дал старт стыковке секций новейшего корвета «Меркурий», так как в ВМФ России всегда есть корабль, носящий это имя в честь фантастического подвига, совершенного экипажем корабля «Меркурий» под командой Казарского.

Ведь на памятнике Казарскому высечены слова:
«Казарскому — потомству в пример».

Показеев К.В.

СОВЕТСКИЙ ФИЗИК

3(149)/2021
(июнь–июль)



ОРГАН УЧЕНОГО СОВЕТА, ДЕКАНАТА
И ОБЩЕСТВЕННЫХ ОРГАНИЗАЦИЙ
ФИЗИЧЕСКОГО ФАКУЛЬТЕТА МГУ
2021



**ПОЗДРАВЛЕНИЕ ПРОФЕССОРА Н.Н. СЫСОЕВА,
ДЕКАНА ФИЗИЧЕСКОГО ФАКУЛЬТЕТА МГУ,
ВЫПУСКНИКОВ 2021 г.**

*Дорогие выпускники физического факультета
Московского университета!*



Сердечно поздравляю Вас с одним из самых знаменательных событий в вашей жизни — с окончанием первого ВУЗа страны.

Шесть лет назад вы пришли на физический факультет, приехали из разных городов, и даже разных стран. Всех вас привел сюда интерес к физике.

За время обучения на факультете, вы получили фундаментальное образование мирового уровня, приобрели те навыки и знания, которые помогут вам стать первоклассными специалистами и найти свое место в жизни. Перед вами открыты большие возможности. Будьте настойчивы и преданы выбранному

делу!

Где бы вы ни были, вы всегда будете отличаться широким кругозором, умением проводить глубокий анализ событий и явлений. Будьте целеустремленными, творите, дерзайте, не теряйте увлеченности и веры в себя!

Пройдут годы, и вы еще не раз вспомните время, проведенное в стенах университета: своих друзей, учебу, праздники, первые зачеты и экзамены. Все меняется: системы образования и обучения, но суть остается та же — физический факультет был, есть и будет, и его двери всегда будут открыты для вас!

Поздравляю ас с успешным окончанием обучения! Искренне желаю благополучия, огромного счастья и всевозможных творческих и научных побед!

*Декан физического факультета МГУ
профессор Н.Н. СЫСОЕВ*



ВЫСТУПЛЕНИЕ ПРЕЗИДЕНТА РОССИИ НА ВОЕННОМ ПАРАДЕ 9 мая 2021 года

(Фрагмент о начале Великой Отечественной войны)



В. Путин:

Дорогие друзья!

В этом году исполняется 80 лет с начала Великой Отечественной войны.

22 июня 1941 года — одна из самых трагических дат в нашей истории. Враг напал на нашу страну, пришёл на нашу землю, чтобы убивать, сеять смерть и боль, ужас и несметные страдания.

Он хотел не только свергнуть политический строй, советскую систему, а уничтожить нас как государство, как нацию, стереть с лица земли наши народы.

Ответом на вторжение нацистских полчищ стало общее грозное, неодолимое чувство решимости отразить нашествие. Сделать всё, чтобы враг был повержен, чтобы преступники, убийцы понесли неотвратимое и справедливое наказание.

Советский народ исполнил эту священную клятву, отстоял Родину и освободил страны Европы от «коричневой чумы». Вынес нацизму исторический приговор и мощью оружия на полях сражений, и силой своей



нравственной, человеческой правоты, жертвенным мужеством солдатских матерей, верностью тех, кто каждый день ждал от родных весточки с фронта. Той силой добра и любви к ближнему, которая испокон веков в нашем национальном характере.

Его великим воплощением стал подвиг врачей и медсестёр, которые спасали раненых, боролись за каждую жизнь и на передовой, в самом пекле, и в госпиталях на фронте и в тылу.

Но тогда, в 1941-м, впереди было ещё четыре года самой кровопролитной войны. Она была по будущему, по молодым, совсем юным поколениям, а значит, и по тем, кому так и не суждено было родиться.

Война принесла столько невыносимых испытаний, горя и слёз, что забыть это невозможно. И нет прощения и оправдания тем, кто вновь замышляет агрессивные планы.

Почти век отделяет нас от событий, когда в центре Европы нагнал и набирал хищную силу чудовищный нацистский зверь. Всё циничнее звучали лозунги расового и национального превосходства, антисемитизма и русофобии. С лёгкостью перечёркивались соглашения, призванные остановить сползание к мировой войне.

История требует делать выводы и извлекать уроки. Но, к сожалению, многое из идеологии нацистов, тех, кто был одержим бредовой теорией о своей исключительности, вновь пытаются поставить на вооружение. И не только разного рода радикалы и группировки международных террористов. Сегодня мы видим сборища недобитых карателей и их последователей, попытки переписать историю, оправдать предателей и преступников, на руках которых кровь сотен тысяч мирных людей.

Наш народ слишком хорошо знает, к чему всё это ведёт. В каждой семье свято хранится память о тех, кто отвоевал Победу. И мы всегда будем гордиться их подвигом.

Россия последовательно отстаивает международное право, при этом будем твёрдо защищать наши национальные интересы, обеспечивать безопасность нашего народа. Надёжные гарантии тому — доблестные Вооружённые Силы России, наследники солдат Победы. И конечно, наша совместная работа ради развития страны, ради благополучия российских семей.

Наши ветераны, их судьбы, их преданность Родине — это пример для нас. Вершина, к которой мы должны стремиться и утверждать значимость, ценность грандиозной Победы в наших помыслах и поступках, в наших делах и будущих свершениях во имя Отечества.

Слава народу-победителю!

С праздником вас! С днём Великой Победы!

Ура!

<http://www.kremlin.ru/events/president/transcripts/statements/65544>

МГУ — РОССИЙСКИЙ ЛИДЕР ШАНХАЙСКОГО ПРЕДМЕТНОГО РЕЙТИНГА УНИВЕРСИТЕТОВ

Московский университет возглавил представительство российских вузов в опубликованном сегодня ShanghaiRanking's Global Ranking of Academic Subjects 2021. Составители отметили академические достижения МГУ сразу в 12 предметных областях.

Комментируя показатели университета в новом Шанхайском предметном рейтинге университетов, ректор МГУ академик В.А. Садовничий отметил, что широкий спектр предметных областей и направлений подготовки, в которых присутствует Московский университет, в целом отражает научно-образовательную компетенцию первого университета страны и те усилия, которые коллектив вуза прилагает для преумножения его интеллектуальной мощи.



«Мы по-прежнему считаем, что одна из самых сильных сторон нашего университета — это классическое фундаментальное образование. То, что вуз представлен в рейтинге сразу в дюжине предметных областей говорит и о разносторонности наших образовательных программ, и о умении выстраивать долгосрочную стратегию развития научно-



образовательного потенциала в интересах студента и аспиранта», — полагает В.А. Садовничий.

«В условиях усиления конкуренции с ведущими вузами мира, расширения присутствия в рейтинге отечественных университетов МГУ в настоящее время перестраивает свою научно-образовательную политику, концентрируя беспрецедентные ресурсы на развитии недавно созданных междисциплинарных научно-образовательных школ, соответствующих приоритетам стратегии научно-технологического развития страны. В их работу уже сегодня включены десятки факультетов, сотни научных сотрудников, тысячи молодых ученых и студентов. Результаты каждой из НОШ будут напрямую влиять на успех университета в целом, в том числе на его заметность для авторов международных рейтингов», — добавил академик В.А. Садовничий.

В этом году в глобальный рейтинг активности ведущих университетов мира по различным предметным областям вошли 19 российских университетов, которые представлены в нем 61 раз. Шесть российских университетов попали в ТОП-100 мировых университетов по предметным областям. Среди них и Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова, занявший 51–75 место в мире по физике.

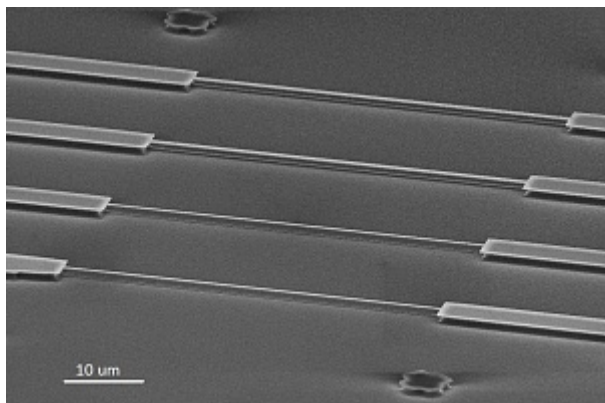
Лидирующими сферами активности отечественных университетов стали инженерно-технические науки (упоминаются в рейтинге 26 раз) и естественные науки (упоминаются 17 раз). Всего ShanghaiRanking's Global Ranking of Academic Subjects 2021 оперирует 54 предметными областями в естественных, медицинских, социальных, инженерно-технических науках, а также в науках о жизни. В финальной части рейтинга представлены более 1800 университетов из 93 стран мира.

<https://www.msu.ru/news/mgu-rossiyskiy-lider-shankhayskogo-predmetnogo-reytinga-universitetov-.html>

ФИЗИКИ МГУ СОЗДАЛИ НАНОЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКУЮ СИСТЕМУ ДЛЯ ЗАХВАТА КВАНТОВОГО ВИХРЯ

Учёные НОШ «Фотоника» и Центра квантовых технологий физфака МГУ совместно с коллегами из Ланкастерского университета (Великобритания) создали и успешно применили на практике устройство для исследования явлений квантовой турбулентности, способное детектировать в режиме реального времени единичные квантовые вихри в сверхтекучем

гелии (^4He). Основой детектора является наноэлектромеханическая система (НЭМС), разработанная и изготовленная в ЦКП МГУ «Учебно-методический центр литографии и микроскопии». Исследование добавит понимания самого явления турбулентности и её квантовой разновидности. Соответствующая статья опубликована в журнале *Nature Communications*.



Несмотря на то, что явление турбулентности очень распространено и наблюдается в повседневной жизни в виде прибоев, бурного течения рек, вздымающихся грозowych облаков, дыма из трубы и т.д., полной теории турбулентности на сегодняшний день не существует. Аналитического решения фундаментального уравнения Навье – Стокса, которому подчиняются потоки жидкостей и газов, не найдено до сих пор за исключением простейших случаев.

Моделировать квантовую турбулентность проще, чем её классический аналог, поскольку в сверхтекучих жидкостях вихри имеют фиксированный размер и идентичны. Квантовая турбулентность представляет собой клубок квантованных вихрей, поэтому на основе изучения поведения одиночного квантового вихря можно построить своего рода «атомную модель» этого явления. Но явление турбулентности в квантовых системах проявляется на микроскопическом масштабе, и до недавнего времени у ученых не было инструментов, позволяющих с достаточным пространственным разрешением исследовать такие маленькие структуры. Это стало возможным лишь с появлением НЭМС и разработкой сверхчувствительных детекторов на её основе.

«Используемая в эксперименте наноэлектромеханическая резонансная система состоит из подвешенного нанопровода из нитрида кремния с поперечным размером 100 нанометров (нм) и длиной 70 микрометров



(мкм), покрытого плёнкой алюминия толщиной 30 нм. Механические колебания в системе возбуждаются магнитодвижущим методом: пропусканием переменного тока через нанопровод в перпендикулярном магнитном поле 5 Тесла (Тл)», — рассказал **Александр Дорофеев, младший научный сотрудник кафедры физики полупроводников и криоэлектроники и Центра квантовых технологий физического факультета МГУ.**

Резонансная частота нанопровода крайне чувствительна к внешнему воздействию. При взаимодействии квантового вихря с нанопроводом резонансная частота последнего изменялась с характерной зависимостью от времени. Это позволило охарактеризовать различные стадии взаимодействия единичного квантового вихря с нанопроводом, а именно момент захвата вихря нанопроводом, период их взаимодействия и момент освобождения.

Авторы работы подчеркивают, что массив таких наномеханических резонаторов может иметь достаточную точность для пространственного и временного разрешения более сложной квантовой вихревой структуры в сверхтекучих жидкостях. Разработанные устройства также позволяют фиксировать конец частично захваченного вихря для изучения наноразмерных колебаний вихревого ядра добавляют понимания турбулентности и могут дать ключ к решению столь «упрямых уравнений» Навье – Стокса.

Захват одиночного вихря в специальной конфигурации в перспективе позволят изучить динамику волн Кельвина, что является долгожданной целью в исследованиях квантовой турбулентности.

https://www.msu.ru/science/main_themes/fiziki-mgu-sozdali-nanoelektromekhanicheskuyu-sistemu-dlya-zakhvata-kvantovogo-vikhrya.html

ЛАЗЕРНАЯ БИОФОТОНИКА НА КАФЕДРЕ ОБЩЕЙ ФИЗИКИ И ВОЛНОВЫХ ПРОЦЕССОВ

Биофотоника — это быстро развивающаяся междисциплинарная область знаний и технологий, относящихся к проблеме взаимодействия электромагнитного излучения с биологическими объектами разных уровней организации. Она включает в себя такие вопросы, как поглощение, генерацию, передачу, рассеяние, усиление и детектирование света с использованием лазеров и других источников света, оптических волокон, электро-оптических устройств, различных микроэлектромеханических систем и наносистем для медицинских применений. Не удивительно, что



в настоящее время биофотоникой в той или иной степени занимаются многие научные группы не только на разных кафедрах физического факультета и других факультетов МГУ имени М.В. Ломоносова, но и во многих лабораториях других научных центров в нашей стране и в других странах мира.

На кафедре ОФиВП исследования по биофотонике ведутся, по крайней мере, в четырёх научных группах. Это:

- группа фотоники и нелинейной спектроскопии (руководитель д.ф.-м.н., профессор А.М. Желтиков) ведет научную работу в области нелинейной оптики и лазерной физики, нелинейно оптической микроскопии и спектроскопии, волоконной оптики и их применениям, в частности, в биофотонике;
- группа лазерной диагностики биомолекул и методов фотоники в исследовании объектов культурного наследия (руководитель д.ф.-м.н., профессор А.Ю. Чикишев) занимается лазерной диагностикой биомолекул;
- группа терагерцевой оптоэлектроники и спектроскопии (руководитель д.ф.-м.н., член-корр. РАН, профессор А.П. Шкуринов) занимается созданием уникальных устройств терагерцевой фотоники и оптоэлектроники на основе нано-организованных структур и графеновых технологий XXI века и их применениям, в частности, для исследования биологических объектов;
- группа лазерной биомедицинской фотоники (руководитель к.ф.-м.н., доцент А.В. Приезжев) — занимается разработкой новых лазерно-оптических методов биомедицинской тераностики, проблемами оптики биотканей, биомедицинской диагностики, физики взаимодействия света с биологическими структурами, биореологии, гемореологии, микроциркуляции крови и пр.

Рассказ о работе каждой из этих групп заслуживает отдельной публикации. В данной заметке мы ограничимся рассказом только об одной из них, а именно — о группе лазерной биомедицинской фотоники (ЛБМФ).

Исследования в области применения лазеров в биофизике на кафедре имеют долгую историю. В 1976 году вскоре после объединения кафедры общей физики для мехмата и части кафедры волновых процессов заведующий новой объединённой кафедрой профессор Сергей Александрович Ахманов поставил перед доцентом Ю.М. Романовским, в то время руководителем группы математической биофизики, и м.н.с. А.В. При-



ежевым, молодым сотрудником, только что защитившим кандидатскую диссертацию по другой тематике, задачу о возможности измерения с помощью лазера сверхмалых скоростей течения цитоплазмы в живых клетках. Для обоих исполнителей это было абсолютно новое поле деятельности, но они взялись за дело, и уже в 1978 году в журнале «Биофизика» была опубликована их первая статья на эту тему, ставшая началом большой серии публикаций по новому научному направлению на кафедре – лазерной и математической биофизике. С учётом большого интереса к этому направлению со стороны студентов Ю.М. Романовский и А.В. Приезжев начали читать спецкурс с таким же названием. Ограничиваясь только двумя примерами достижений того времени, упомяну лишь разработку и создание одного из первых лазерных доплеровских микроскопов для исследования внутриклеточной подвижности (1988 год) и создание автоволновой теории внутриклеточной гидродинамики по большей части на основе наших экспериментальных результатов по изучению немышечной подвижности (1987 год). Важно отметить, что в становлении этого научного направления сыграло большую роль наше тесное сотрудничество с лабораторией оптических методов исследования потоков кафедры физики МЭИ (руководитель Б.С. Ринкевичюс) и с лабораторией биофизики немышечной подвижности Института теоретической и экспериментальной биофизики АН СССР в г. Пущино (руководитель В.В. Леднев).

Начиная с середины 1980-х годов научные исследования начали ориентироваться на биомедицинские применения лазеров. По инициативе С.А. Ахманова начались работы по исследованию избирательного воздействия лазерного излучения на раковые клетки и механизмов фотодинамической терапии рака. В те же годы начались исследования по физике крови с акцентом на лазерные методы измерения её микрореологических параметров, включая обратимую агрегацию и деформируемость эритроцитов. Оба эти свойства красных клеток крови играют определяющую роль в регуляции её текучести и микроциркуляции. В становлении этого направления наших исследований, которые развиваются и продолжаются по сей день, сыграло большую роль наше тесное сотрудничество с лабораторией реологии крови 2-го Московского медицинского института (руководитель Н.Н. Фирсов) и с лабораторией биореологии Института механики МГУ (руководитель С.А. Регирер).

Не останавливаясь на исторических подробностях, отмечу, что в настоящее время работа группы ЛБМФ ведётся в рамках приоритетного научного направления физического факультета «Живые системы» в области оптики биотканей и клеток, новых лазерно-оптических методов исследования живых систем, физики крови, нанобиофотоники и пр. Иссле-

дования проводятся при тесном сотрудничестве с другими научными группами физического факультета, а также факультета фундаментальной медицины (ФФМ) и Медицинского научно-образовательного центра МГУ (МНОЦ). Так, в течение ряда лет мы исследовали проблемы влияния наночастиц, перспективных для использования в диагностике и адресной доставке лекарств, на микрореологию крови человека и животных совместно с кафедрой физиологии и общей патологии ФФМ (руководитель В.Б. Кошелев) в рамках совместных проектов, финансируемых РФФИ. Мы уже несколько лет работаем по общей программе с отделением кардиологии МНОЦ (руководитель Л.И. Дячук), исследуя особенности изменений микрореологии и микроциркуляции крови при таких социально важных заболеваниях, как гипертензия и сахарный диабет. В последнее время эти исследования ведутся под эгидой университетской школы «Фотонные и квантовые технологии. Цифровая медицина» в рамках рабочей группы по проблемам крови (координатор Е.А. Ширшин).

Одной из установок, созданных в группе и с помощью которой получают приоритетные результаты, является лазерный пинцет, упрощённая схема которого изображена на рисунке 1.

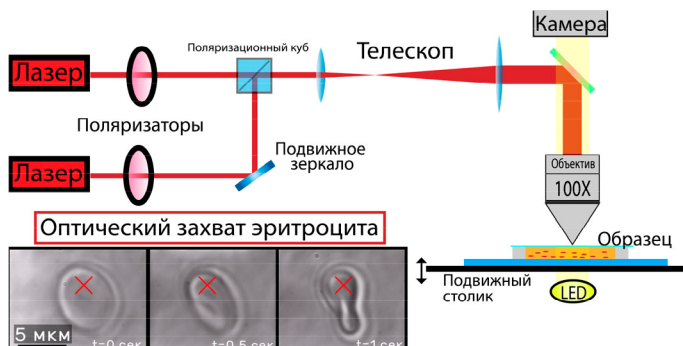


Рис. 1. а) Упрощённая схема лазерного пинцета, позволяющего захватывать живые клетки и манипулировать ими без механического контакта и измерять силы взаимодействия между ними в диапазоне от долей пиконьютона до сотен пиконьютонов. б) Микрофотографии трёх последовательных ориентаций эритроцита при их захвате оптической ловушкой. Кресты показывают положение перетяжек лазерного пучка (лазерных ловушек)

Лазерный пинцет позволяет захватывать живые клетки и манипулировать ими без механического контакта и измерять силы взаимодействия между ними в диапазоне от долей пиконьютона до сотен пиконьютонов, что открывает уникальные возможности для исследований на уровне



макромолекул и клеток. На рисунке 1 показаны также три последовательные ориентации эритроцита при его захвате в оптическую ловушку.

Среди наиболее важных проектов, выполненных группой в последние годы, упомяну лишь следующие, поддержанные грантами РФФИ или РНФ:

- использование углеродных наночастиц для биомедицинских применений: влияние на свойства крови и функции сердечно-сосудистой системы,

- развитие метода лазерной дифрактометрии для измерения статистических характеристик неоднородных ансамблей эритроцитов,

- комплексное исследование механизмов развития синдрома гиперагрегации эритроцитов при сахарном диабете,

- разработка интегральных био-оптических индикаторов патологических состояний при социально значимых заболеваниях,

- оптическое исследование и клиническая верификация фундаментальных реологических механизмов обратимой агрегации эритроцитов,

- развитие оптических методов для измерения параметров клеток крови,

- комплексное изучение оптическими методами синергизма влияния различных компонентов плазмы крови на агрегацию эритроцитов,

- мобильное устройство для экспресс-диагностики реологических параметров крови,

- выявление современными оптическими методами молекулярных и микрореологических механизмов взаимодействия и изменений компонентов крови в системе микроциркуляции и связанных с ними нарушений метаболизма при сердечно-сосудистых заболеваниях.

Группа гордится достижениями своих аспирантов и студентов. Так, в 2016 году была успешно защищена кандидатская диссертация аспирантом физического факультета Кисуном Ли (Республика Корея) на тему «Взаимодействие эритроцитов в средах, индуцирующих их агрегацию: исследование с помощью лазерных пинцетов». В 2017 году была успешно защищена выполненная в тесном сотрудничестве с нашей группой кандидатская диссертация аспирантом факультета ВМиК В.Д. Устиновым на тему «Обратная задача восстановления распределения эритроцитов по размерам и формам в рамках лазерной дифрактометрии».

На рисунке 2 показаны фотографии картин рассеяния лазерного пучка на нормальных эритроцитах (слева) и эритроцитах, деформированных силами вязкого трения (справа). В диссертации разработаны математические методы анализа таких картин, получаемых в нашей группе *invitro*. Разработанные методы позволяют измерять параметры, характе-

ризирующие деформируемость эритроцитов — одно из основных свойств этих клеток, определяющих текучесть крови *in vivo*.

В настоящее время принята к защите кандидатская диссертация выпускника аспирантуры физического факультета А.Н. Семенова на тему «Роль молекулярных взаимодействий в изменении агрегационных и деформационных свойств эритроцитов». Все аспиранты в своё время были победителями конкурсов на лучшую научную работу молодых ученых.

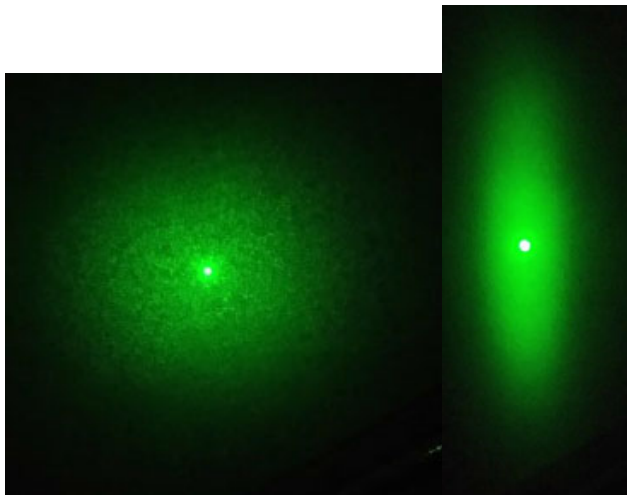


Рис. 2. Картины рассеяния лазерного пучка на нормальных эритроцитах (слева) и эритроцитах, деформированных силами вязкого трения (справа). Анализируя эти картины, мы измеряем деформируемость эритроцитов — один из основных реологических параметров крови

Только что были успешно защищены магистерские диссертации студентами нашей группы П.Б. Ермолинским на тему «Лазерно-оптические методы исследования взаимодействия эритроцитов разных возрастов» и А.А. Капковым на тему «Применение лазерно-оптических и микрофлюидных методов для исследования взаимодействия клеток крови в среде с эндотелиальными клетками». Оба эти студента также неоднократно награждались премиями за лучший доклад на конференции или лучшую научную работу. То же можно сказать и про других студентов нашей группы, активно работающих в нашей группе и участвующих, в частности, в мероприятиях Фестиваля науки и Дня физика.

Группа ЛБМФ пользуется популярностью у студентов младших курсов, которые с интересом знакомятся с научными задачами группы и



методами их решения. На фотографии (рисунок 3) показано, как студентка 2-го курса Анастасия Романова выполняет эксперимент по измерению силы взаимодействия между эритроцитами человека на установке «Лазерный пинцет».

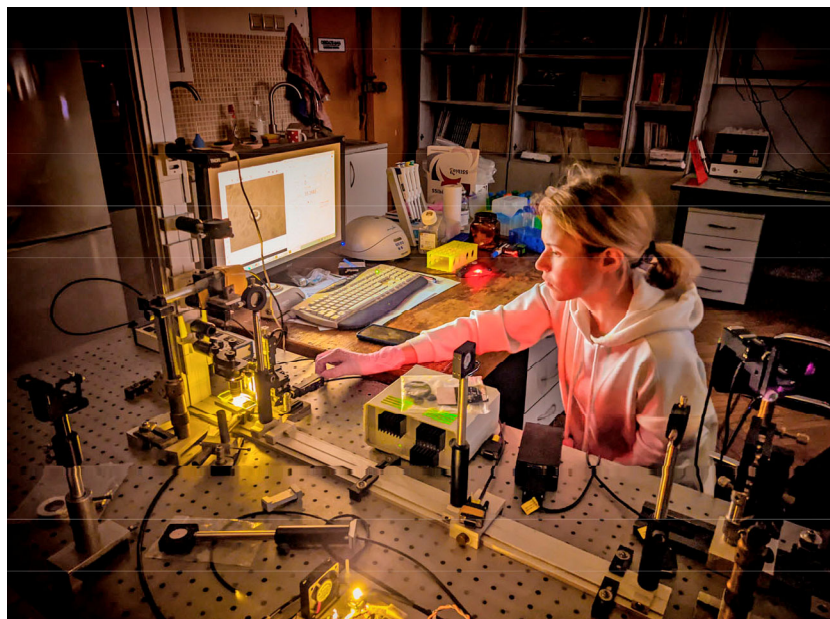


Рис. 3. Фото студентки 2-го курса Анастасии Романовой, выполняющей эксперимент по измерению силы взаимодействия между эритроцитами человека на установке «Лазерный пинцет»



Биофотоника как научное направление развивается очень быстро, так же быстро развиваются научные исследования в группе ЛБМФ, вносящей своими публикациями в высокорейтинговых научных изданиях достойный вклад в Программу развития московского университета.

Руководитель группы лазерной биомедицинской фотоники (ЛБМФ) А.В. Приезжев



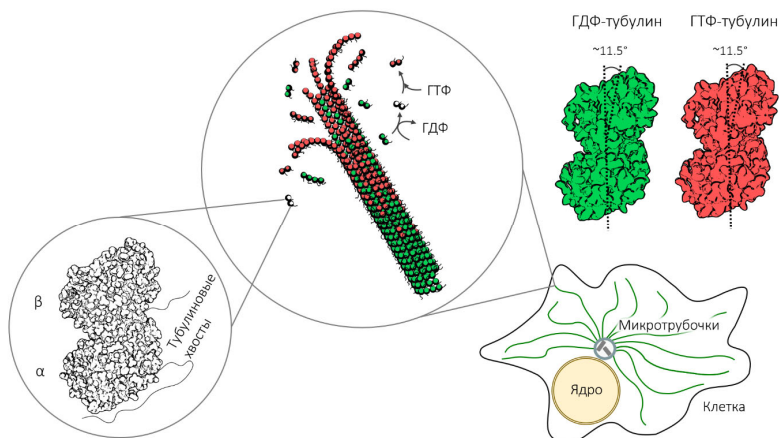
НОВЫЕ ДАННЫЕ О СТАРОЙ БИОФИЗИЧЕСКОЙ ПРОБЛЕМЕ: НЕСТРУКТУРИРОВАННЫЕ ДОМЕНЫ БЕЛКОВ ТУБУЛИНОВ МОДУЛИРУЮТ СБОРКУ ЦИТОСКЕЛЕТНЫХ МИКРОТРУБОЧЕК

В отличие от неорганических (неживых) систем, подавляющее большинство биологических систем находятся всегда вдали от термодинамического равновесия благодаря непрерывному потреблению энергии, которое им требуется для изоляции от окружающей среды и поддержания внутренней упорядоченности.

Примером такой белковой системы являются микротрубочки — полимеры димерного белка тубулина, имеющие форму полого цилиндра диаметром 25 нм и длину порядка десятков микрометров в клетках. Сборка микротрубочек из тубулинов является энтропийно-движимым процессом, протекающим самопроизвольно при температуре и концентрации выше критических. Однако через некоторое время после начала сборки микротрубочки могут, перейдя через кинетический барьер, переключиться на обратный процесс — деполимеризацию. При этом, как правило, микротрубочка полностью разбирается, последовательно отсоединяя тысячи субъединиц тубулинов от своего конца. Для того чтобы это переключение, называемое катастрофой, случилось, критическое число тубулинов в составе микротрубочки должно потратить энергию, запасаемую в макроэргических связях молекулы гуанозинтрифосфата (ГТФ) и, таким образом, отдалиться от равновесного состояния. Такое бистабильное поведение микротрубочек получило название «динамической нестабильности». Оно позволяет клетке эффективно выполнять множество функций. К примеру, микротрубочки могут быстро построить внутреннюю сеть клетки и служить «рельсами» для моторных белков, тем самым способствуя организации внутриклеточного транспорта. Благодаря своей большой жесткости, близкой к жесткости оргстекла, микротрубочки могут стабильно поддерживать форму клетки. Форма клетки может меняться во время клеточной миграции или дифференцировки клеток, при которых весь внутренний скелет клетки (цитоскелет), включая микротрубочки, должен за короткий срок перестроиться с большими затратами энергии. В процессе деления клетки микротрубочками совершается механическая работа по перемещению хромосом за счет сил, прикладываемых концами микротрубочек. При этом две микротрубочки, присоединенные с двух сторон к хромосоме, должны переместить ее в сторону одного из полюсов клетки. Для этого одна микротрубочка деполимеризу-



ется, превращая химическую энергию ГТФ в механическую работу. Через сопрягающий комплекс белков она передает силу на микротрубочку, находящуюся по другую сторону хромосомы, для ускорения полимеризации и синхронизации движения всего комплекса.



Микротрубочки и тубулины. В центре показана микротрубочка крупным планом. На ее конце происходит присоединение и отсоединение субъединиц, из которых она состоит — димеров и олигомеров тубулинов. Слева крупным планом показан димер тубулина и его неструктурированные С-концевые «хвосты». Справа показаны изогнутые димеры тубулинов, связанные с молекулами ГТФ и ГДФ, а также расположение микротрубочек внутри живой клетки

Как уже было упомянуто, в цитоплазме клетки белки-тубулины связаны с молекулами ГТФ. Ранее считалось, что причиной спонтанной потери стабильности микротрубочек и перехода их от сборки к разборке является изменение формы тубулинов в результате процесса гидролиза ГТФ до гуанозиндифосфата (ГДФ). В частности, тубулины в комплексе с молекулами ГТФ при сборке предполагались более прямыми и поэтому «более подходящими» для построения микротрубочки, а ГДФ-тубулины — более изогнутыми. Эта модель подразумевала разный вид концов микротрубочек во время сборки и разборки. Однако в 2018-2020 годах, используя криоэлектронную томографию, мы и американские коллеги из Университета Колорадо обнаружили, что цепочки из тубулинов на концах микротрубочек всегда изогнуты, подразумевая, что различие между ГТФ- и ГДФ-тубулинами кроется не в их кривизне[1]. Чтобы объяснить эти данные, ими была предложена новая модель сборки микротрубочки, согласно которой удлинение микротрубочки происходит за счет смыка-



ния изогнутых цепочек тубулина на растущем конце, которые часто выпрямляются и смыкаются благодаря тепловым колебаниям[2]. Детальное полно-атомное моделирование таких цепочек тубулинов с помощью метода молекулярной динамики в соавторстве с коллегами биологического факультета МГУ подтвердило сходство кривизны ГТФ- и ГДФ тубулинов [3]. Этот подход представляет белки как совокупность частиц (то есть атомов, включая атомы воды и ионов), движения и взаимодействия которых описываются в рамках классической ньютоновской динамики. На основе расчетов мы пришли к выводу, что присутствие молекулы ГТФ внутри тубулина делает связь между его димерами более гибкой, позволяя легче встраиваться в тело микротрубочки, несмотря на присущую этому белку кривизну. Это дает новый молекулярный механизм для переключения микротрубочек от сборки к разборке.

В мае 2021 года, вновь в сотрудничестве с биофизиками биологического факультета и еще с американскими коллегами из Национального института здоровья (NIH, USA), мы обнаружили, что не только глобулярные участки белков, имеющие четкую структуру и достаточно большую жесткость, могут влиять на поведение микротрубочек. Помимо них белки-тубулины несут еще и неструктурированные высокозаряженные С-концевые полипептидные «хвосты», роль которых при сборке микротрубочек была непонятна. На основе экспериментов с использованием методов геной инженерии и оптической микроскопии наша команда обнаружила, что удаление С-концевых хвостов тубулинов почти вдвое ускоряет сборку микротрубочек [4]. Объяснение этому неинтуитивному результату было дано в рамках метода молекулярной динамики. Вычисления показали, что С-концевые неструктурированные участки тубулинов, несущие отрицательные заряды, взаимодействуют с положительно заряженными интерфейсами на торцах димеров тубулинов, блокируя возможность присоединения тубулинов друг к другу. Это, по всей видимости, и замедляет сборку микротрубочек. Вероятно, такое блокирование заложено в клетках как возможность ускорения роста микротрубочек за счет дополнительных белков, которые будут связываться с неструктурированным С-концом тубулина и освобождать от него межатубулиновый интерфейс и тем самым обеспечивать более быструю сборку микротрубочек при необходимости.

Литературные источники:

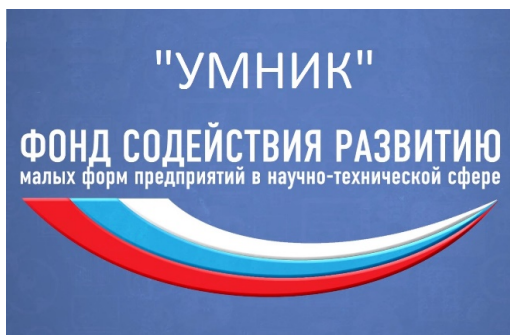
1. McIntosh, J.R., O'Toole, E., Morgan, G., Austin, J., Ulyanov, E., Ataulakhov, F., and Gudimchuk, N. (2018). Microtubules grow by the addition of bent guanosine triphosphate tubulin to the tips of curved



- protofilaments. J. Cell Biol. 217, 2691–2708.
<https://istina.msu.ru/publications/article/124161684/>
2. Gudimchuk, N.B., Ulyanov, E.V., O'Toole, E., Page, C.L., Vinogradov, D.S., Morgan, G., Li, G., Moore, J.K., Szczesna, E., Roll-Mecak, A., et al. (2020). Mechanisms of microtubule dynamics and force generation examined with computational modeling and electron cryotomography. Nature Communications 11, 3765.
<https://istina.msu.ru/publications/article/314003006/>
 3. Fedorov V.A., Orekhov P.S., Kholina E.G., Zhmurov A.A., Ataullakhanov F.I., Kovalenko I.B., and Gudimchuk N.B. (2019). Mechanical properties of tubulin intra- and inter-dimer interfaces and their implications for microtubule dynamic instability. PLOS Computational Biology. 15, 8, e1007327
<https://istina.msu.ru/publications/article/230015245/>
 4. Chen, J., Kholina, E., Szyk, A., Fedorov, V.A., Kovalenko, I., Gudimchuk, N., and Roll-Mecak, A. (2021). α -tubulin tail modifications regulate microtubule stability through selective effector recruitment, not changes in intrinsic polymer dynamics. Developmental Cell.
<https://istina.msu.ru/publications/article/371649126/>

*с.н.с. кафедры биофизики физического факультета МГУ
Гудимчук Н.Б.,
м.н.с. кафедры биофизики физического факультета МГУ
Александрова В.В.*

КОНКУРС «УМНИК-2020»



Прошел конкурс федеральной программы «УМНИК» в МГУ, принимающей инновационные проекты студентов, аспирантов и молодых ученых, чьи научные результаты обладают существенной новизной и потенциалом коммерциализации. Конкуренция за получение гранта была

достаточно высокая, от факультета была подана 21 заявка по 3 направлениям: «цифровые технологии», «медицина и технологии здоровьесбережения», «новые приборы и интеллектуальные производственные технологии». Победителями с физического факультета стали 6 конкурсантов, причем 5 победителей по направлению «новые приборы и интеллектуальные производственные технологии» и один победитель по направлению «медицина и технологии здоровьесбережения». В конкурсе победили проекты:

Балуян Тигран Григорьевич (кафедра квантовой электроники)
«Разработка элементов рентгеновской оптики, произведенных методом пиролиза полимерных структур».

Целью данной работы является получение трехмерных линз с предельно малыми радиусами кривизны фокусирующих поверхностей с высокой степенью гладкости при полноценной устойчивости в пучке, то есть с возможностью многократного использования. Существующие на данный момент методы получения преломляющих элементов рентгеновской оптики не в состоянии обеспечить одновременного сочетания всех четырех факторов — малого радиуса кривизны, малой шероховатости, трехмерности и устойчивости в пучке. В работе для достижения этих показателей будет использоваться процесс пиролиза, именно в ходе него линза обретает стабильность и малый радиус кривизны, а также понижается степень ее шероховатости. Конечный результат работы может быть применен во всех областях науки, требующих фокусировки рентгеновского излучения.

Кашкаров Павел Константинович (кафедра квантовой электроники)
«Разработка полностью оптического переключателя на основе одномерных фотонных кристаллов».

Данный проект направлен на создание прототипа полностью оптического переключателя на основе блоховских поверхностных волн (БПВ) в одномерном фотонном кристалле (ФК). Преимуществами БПВ являются полностью диэлектрическая структура, в которой они возбуждаются, что позволяет достичь большой добротности резонанса в коэффициенте отражения структуры и





значительной длины свободного распространения моды (до единиц миллиметров). Основным недостатком реализации полностью оптического переключения данным методом является малая нелинейность диэлектриков, образующих ФК. Для увеличения нелинейности требуется использовать дополнительные нелинейные слои, которые должны быть тонкими и не иметь поглощения, так как наличие поглощения приведет к уширению резонанса БПВ, что, в свою очередь, снизит эффективность сдвига.

В рамках данного проекта будет проведено исследование возможности реализации полностью оптического переключения на базе структуры, состоящей из фотонного кристалла и тонкой пленки нитрида бора.

**Карташова Анна Дмитриевна (кафедра медицинской физики)
«Разработка сенсоров для экспресс-обнаружения наркотических и взрывчатых веществ».**



Проект посвящен созданию высокочувствительного сенсора, позволяющего детектировать наркотические и взрывчатые вещества в пробах и напрямую в отпечатках пальцев для экспресс-проверки на контакт с человеком. Принцип работы сенсора основан на эффекте гигантского комбинационного рассеяния, позволяющего усилить интенсивность комбинационного рассеяния света (КРС)

анализируемых молекул за счет плазмонных резонансов, возникающих в частицах благородных металлов. Сенсор будет представлять из себя массив кремниевых нанонитей, декорированных металлическими наночастицами. Методика получения таких подложек была недавно разработана в лаборатории физических методов биосенсорики и нанотераностики и является простой, легко воспроизводимой и невремензатратной. В рамках проекта планируется провести подбор наилучшей конфигурации наночастиц благородных металлов и кремниевых нанонитей для обеспечения максимального отклика сенсора для применений на практике.



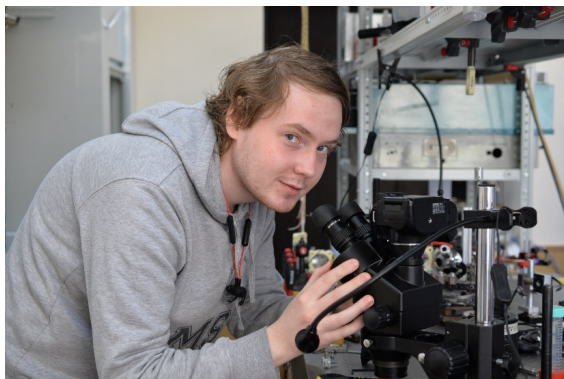
Щелкунов Никита Михайлович (кафедра квантовой электроники). «Разработка устройства для персонализации микроагентов целевой медицины».

Проект направлен на решение проблемы адресной доставки лекарств к поврежденным тканям. В результате выполнения проекта будет разработано устройство, позволяющее с высокой достоверностью определять магнитные и силовые характеристики воздействия лекарственных переносящих частиц на отдельные клетки конкретного пациента. В основе устройства лежит методика оптического пинцета, позволяющая производить манипуляции с силами порядка десятков фемтоньютон, тем самым оставляя исследуемые живые клетки невредимыми. Устройство будет представлять собой напольный блок, содержащий схему из оптических элементов, расположенных на оптическом столе. В сравнении с методами вибрационной магнитометрии и проточных микроканалов, для которых необходимы десятки тысяч частиц, устройство будет способно исследовать с высокой точностью единичные частицы.



**Пышков Николай Иванович (кафедра общей физики)
«Разработка спектрального оптического прибора на базе дифракционно-избыточного фотонного кристалла».**

В ходе выполнения проекта будет разработан спектральный прибор для анализа ближнего инфракрасного и видимого диапазонов излучения. Принципиальная инновационность разработки заключается в использовании фотонного кристалла определенной простран-





ственной модуляции в качестве диспергирующего элемента. Выбор такого диспергирующего элемента позволит достичь минимизации прибора, малых потерь энергии при спектральном разложении и обеспечит работу в широком спектральном диапазоне. Прибор будет изготовлен в пластиковом корпусе с USB-интерфейсом для управления.

Николаев Дмитрий Александрович
(кафедра фотоники и физики микроволн) «Разработка технологии измерения акустических характеристик материалов с помощью образцов небольшого объема».



В результате выполнения проекта будет разработана новая технология для измерения скорости звука и коэффициента поглощения материалов в мегагерцовой области частот с использованием образцов небольшого объема. Подход сводится к использованию нестационарной акустической голографии для реализации плосковолнового режима при передаче ультразвука через слой конечной апертуры даже в условиях сложной (не плосковолновой) структуры ультразвукового поля. Для зондирования образцов будет возможно использовать фокусирующие акустические

излучатели, что позволит уменьшить требуемый объем образцов и существенно повысить точность измерений. Данная технология актуальна в областях, где объемы образцов могут быть ограничены, в частности для акустической характеристики биоматериалов.

Поздравляем победителей конкурса и желаем их успеха в выполнении проекта и достижения поставленных целей!

*Председатель СМУ физического факультета
А.С. Ильин и победители конкурса «УМНИК»*



ВЫПУСКНИК ФИЗФАКА АНДРЕЙ ДМИТРИЕВИЧ САХАРОВ

К 100-летию академика А.Д. Сахарова

Андрей Дмитриевич Сахаров, пожалуй, самый известный в России и в мире отечественный физик. И хотя известность ему принесла не наука, а его политическая деятельность и Нобелевская премия мира, это именно выдающийся физик, выпускник физического факультета.

Его отец, Дмитрий Иванович (1889–1961), ученик П.Н. Лебедева, был преподавателем физики Московского пединститута имени Ленина, автором четырёх научно-популярных книг, изданных в 1925–1930 гг., и задачника по физике (последнее, 13-е, издание которого вышло в 2003 г.).

Сахаров окончил с отличием физфак МГУ в 1942 году и в сентябре был распределен в распоряжение Наркомата вооружений, откуда направлен на патронный завод № 3 им. Володарского в Ульяновск, где до 1945 года работал инженером-исследователем и стал автором нескольких приборов проверки качества патронов [1]. С 1943 года по 1944 год Сахаров сделал самостоятельно несколько научных работ, две из которых его отец послал в ФИАН СССР им. Лебедева своему знакомому, чл.-корр. И.Е. Тамму (1895–1971), который в январе 1945 году и стал научным руководителем Андрея Дмитриевича в аспирантуре. После окончания аспирантуры в 1947 г. Сахаров был принят на работу в ФИАН. С 1947 г. он преподавал в МЭИ, опубликовал несколько статей по разным проблемам физики, но вскоре судьба сделала крутой





разворот. В 1948 г. в ФИАНЕ была создана научно-исследовательская группа по разработке термоядерного оружия, которой руководил чл.-корр. Тамм. И в июне 1948 г. его 27-летний ученик был подключен к спецработе, а 18 октября 1948 г. написал свой первый отчет С-1 «Скорость термической реакции в дейтерии» (всего за 20 лет работы в КБ-11 Сахаровым написано около 40 секретных отчетов).

Кроме ФИАНовской группы Тамма с февраля 1948 г. в Арзамасе-16 над водородным оружием работала группа Я.Б. Зельдовича (теоретический отдел № 50), она рассчитывала детонацию дейтерия в цилиндре, подожженном с одного конца «запалом» обычной атомной бомбы. Эта схема была предложена британским физиком и советским шпионом Клаусом Фуком (1911–1988).

3 ноября 1948 г. Сахаров защитил диссертацию на соискание степени к.ф.-м.н. под названием «К теории ядерных переходов типа $0 \rightarrow 0^*$ », текст диссертации опубликован в [2]. Оппонентами были будущие академики А.Б. Мигдал и И.Я. Померанчук.

4–9 июня 1949 г. состоялся первый визит Сахарова на «объект», а с 17 марта 1950 г. он жил там постоянно. Через месяц в Арзамас-16 на постоянное местожительство переехал и И.Е. Тамм. Теперь в КБ-11 были образованы теор. сектор №1 (руководитель Тамм, а с августа 1953 г., после отъезда Тамма — Сахаров) и теор. сектор №2 (руководитель Зельдович). Возможно, увидев сверхсекретные чертежи РДС-1, в сечении напоминающей слою разрезанной луковицы, и родилась идея «Слойки», впервые упомянутая в отчете С-2 от 20 января 1949 г. «Стационарная детонационная волна в гетерогенной системе А-9+180». Первоначально «Слойка» состояла из слоев U^{238} (продукт А-9) и D_2O (продукт 180) в цилиндре диаметром около 400 мм. Лежащий в ее основе принцип ионизационного сжатия термоядерного горючего обозвали «сахаризацией» («первая идея»), как её назвал Сахаров в своих «Воспоминаниях».

Немногом ранее, 2 декабря 1948 г. в своём втором отчете Г-2 «Исследование вопроса о детонации дейтерия» В.Л. Гинзбург предложил использование лития для получения трития во время взрыва по схеме $Li^6 + n \rightarrow T + He + 4,8 \text{ Мэв}$. А 3 марта 1949 г. появилась «вторая идея»: отчет В.Л. Гинзбурга «Использование Li^6D в слойке» [3, 4].

Схема «Слойки» показана на рис. 1. Слои радиоактивных элементов сильно нагревались (особенно тритий, дававший почти 400 Вт), и поэтому были проложены медными теплоотводящими прослойками [5]. В середине размещался нейтронный запал, аналогичный запалу РДС-1. Рассчитать толщину слоев слойки было непросто. Ведь дейтерид лития — хороший замедлитель нейтронов, а уран-238 — их отражатель. Кстати, в

отличие от американцев, использовали только чистый литий-6. В итоге слоев легких элементов проложили два, а урана-238 — три. Эти слои в 24 раза различались по плотности и перемешивались таким сложным способом, который было трудно рассчитать с помощью вычислительной техники того времени. Считалось, что неустойчивость перемешивания снизит мощность на 20–25%.

Рис. 1. Знаменитая «Слойка»

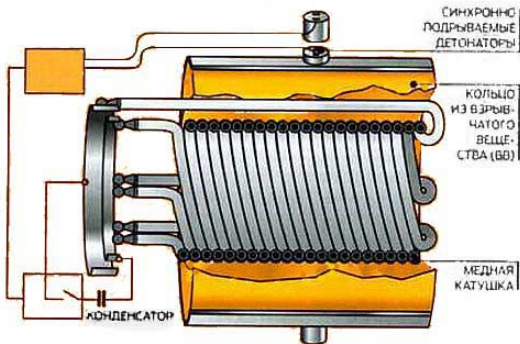
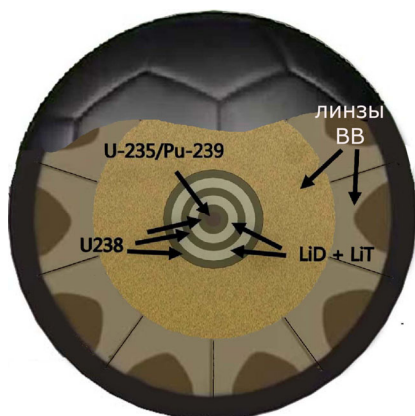
Для «Слойки» же началось освоение и тритиевых технологий — разработчики РДС-6с были пионерами в освоении этого капризного материала.

Помимо военных целей учёными не упускалось и мирное использование термояда. В сентябре 1950 г. Сахаров и Тамм предложили схему удержания плазмы магнитными ловушками. Это изобретение послужило основой для создания ТОКАМаков.

Следующая работа Сахарова, близкая по тематике магнитным ловушкам и сверхмощным полям, — магнитно-кумуляционный генератор МК-1 (май 1952 г.). При начальном поле в 30 тысяч гаусс уже в первых опытах было достигнуто поле в 1,5 млн гаусс (к 1964 г. с помощью аналогичного устройства в СССР получена магнитная индукция 25 млн. гаусс (в США 14,6 млн гаусс получены только в 1968 г.)).

Рис. 2. Взрывомагнитный генератор

Однако в разработке термоядерного оружия США опережали СССР. 9 марта 1951 года американские ученые Теллер и Улам предложили обжигание термоядерного горючего бомбой деления («первичной





ступенью»), которая взорвалась бы внутри массивной камеры, которая отражает ее излучение, чтобы сжать «вторичную» ступень синтеза внутри той же камеры. Эта схема позже стала известна как схема Улама – Теллера (в «Воспоминаниях» — «третья идея»). Первый прототип конструкции Теллера – Улама был испытан в ноябре 1952 года и стал известен как взрыв Mike в серии испытаний Ivy, его мощность составила 10,4 Мт. Криогенное оборудование Mike, предназначенное для получения дейтерия в жидком виде, весило около 82 тонн. И было, как писали в советских источниках, совершенно не транспортабельным. Однако на базе устройства «Майк» всё же было создано 5 бомб EC-16 мощностью 6–8 Мт и весом 17,7–19,0 т, которые перед применением заправлялись жидким дейтерием. Состояли они на вооружении с января по апрель 1954 г. и были сняты после появления бомб с твёрдым дейтеритом лития.

А в СССР конструкторы-бомбоделы эксплуатировали пока только первую и вторую идеи, до испытаний «Слойки» был почти год. Для страховки, на случай неудачи «Слойки», в КБ-11 разрабатывался заряд РДС-7 «Дурак», он использовал максимально возможное количество делящегося ядерного топлива. Такое название характеризовало отношение к этому решению советских учёных, ведь на один заряд Orange Herald (сделанный по подобной схеме) англичане использовали весь свой годовой запас обогащенного урана (117 кг), добившись мощности 720 кТ.

15 июля 1953 г. И.Е. Таммом, Я.Б. Зельдовичем и А.Д. Сахаровым был подписан заключительный отчёт по «Слойке» — «Модель изделия РДС-6с». Заряд РДС-6с мог помещаться в корпус авиационной бомбы (изделие 501-6), но был взорван на вышке на площадке П-1 Семипалатинского полигона. Ведь при сбросе с самолета можно надежно измерить



только мощность взрыва, но для правильной регистрации всех параметров было важно, чтобы центр выделения энергии был направлен регистрирующей аппаратуре. Сигнал на подрыв изделия был дан в 7.30 утра 12 августа 1953 г.

Рис. 3. 37-м вышка для размещения РДС-6с

Хотя мощность взрыва была не самой большой для Семипалатинского полигона, она дала 80% загрязнений за всю его историю. На землю полигона выпало 22 ККу (164 г) Sr^{90} и 29 ККу (335 г) Cs^{137}

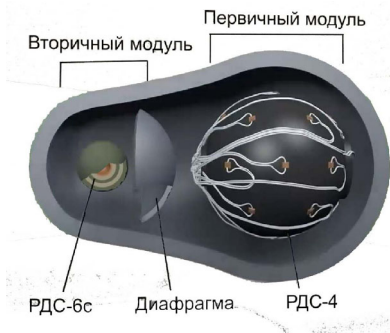
8 июня 1953 г. по написанному им секретному реферату Сахарову была присвоена степень д.ф.-м. н. В октябре 1953 г. он был избран действительным членом АН СССР по Отделению физико-математических наук, став вторым по молодости на момент избрания академиком в истории. 4 января 1954 Сахаров был награжден званием Героя Социалистического труда и Сталинской премией. Всего звания Героя Социалистического Труда за РДС-6с были удостоены 10 сотрудников КБ-11 (в том числе Тамм И.Е.).

20 ноября 1953 г. было принято постановление правительства о создании более мощной бомбы РДС-6сд — развитие схемы «Слойки», содержащей сжатый до 150 атм. (или жидкий) дейтерий. Под неё конструировалась королёвская баллистическая Р-7 и крылатая «Буря» С. А. Лавочкина [1]. Но к середине 1954 года стало ясно, что даже улучшенная конструкция «Слойки» имела серьезные недостатки: выход термоядерного синтеза был ограничен, и увеличить мощность свыше 0,5–1,0 Мт можно было, только увеличивая радиус бомбы настолько, что она не помещалась внутри носителя. Назревала необходимость в новых идеях.

Кому принадлежала идея радиационной имплозии («третья идея»), до сих пор не известно. Только после открытия архивов мы узнаем приоритеты и вклады разных учёных. Так или иначе, на основе «третьей идеи» с 1954 г. стали создавать РДС-37.

Рис. 4. Схема заряда РДС-37

Двухступенчатое оружие позволяло получать мегатонный выход. При этом РДС-37 использовало около четверти ядерных взрывчатых материалов, используемых РДС-6сд, и имело небольшие габариты, в заряде не использовался тритий, термоядерным горючим был дейтерид лития, а основным делящимся материалом был U^{238} , [3] заряд имел грушевидный кожух и РДС-4 в качестве первичного модуля. Первичный, вторичный модули и диафрагма были покрыты нейтропоглощающим материалом (бором). Согласно [7] отношение длины к диа-





метру составляло около 1,5. Американские термоядерные заряды традиционно были более продолговатыми.

25 июня 1955 г. был подписан заключительный отчёт по РДС-37. За отчёт расписались А.Д. Сахаров, В.Б. Адамский (1923–2005), Ю.Н. Бабаев (1938–1986), Ю.Н. Смирнов (1937), Ю.А. Трутнев (1927) и др. (всего 15 подписей). Чтобы уменьшить заражение полигона и исключить соприкосновение раскалённого облака с землёй, взрыв решено было провести на высоте 1500 м. В начале октября 1955 г. все три дублирующие друг друга конструкции РДС-37, РДС-бсд и РДС-7 были доставлены на Семипалатинский полигон [1, стр.271].

Заряд сбросили с бомбардировщика Ту-16 22 ноября 1955 г. со второй попытки. Первая (за два дня до этого) не удалась: из-за 9-балльной облачности, накрывшей полигон, и отказа радиолокационного прицела «Рубидий». Самолёт-носитель вынужден был садиться с несброшенной бомбой и с выработанным запасом топлива. 22 ноября погода была хорошая, но температурная инверсия «прижала» ударную волну к земле, что привело к человеческим жертвам.

Появление РДС-37 поставило на усовершенствованной «Слойке» крест. Несколько изготовленных РДС-бсд было демонтировано, чтобы их литий-6 и обогащенный уран могли быть использованы в более современном оружии. Но 6 ноября 1955 г. на площадке П-3 испытali «бюджетный» вариант «Слойки» — изделие РДС-27, которая совсем не содержала трития, но имела двойной источник нейтронного инициирования. Показанная ею мощность (250 кТ) оказалась в 1,6 раза ниже мощности РДС-бс. Очередное усовершенствование двухстадийного термоядерного заряда сделали Ю.А. Трутнев и Ю.Н. Бабаев («изделие 49» впервые взорвано 23 февраля 1958 г.). При почти такой же энергоотдаче заряд был более продолговатым, и объём на единицу энерговыделения был уменьшен в 2,1–2,4 раза [7].

«Рай для теоретика» — так называл разработку термоядерного оружия А.Д. Сахаров*, поэтому он не ушел из КБ-11 сразу после создания водородной бомбы, как Тамм в 1953 г., или Зельдович в 1963 г. Но чем глубже Сахаров проникал в физику ядерного взрыва, тем сильнее были сомнения в безопасности ядерных испытаний. 8 июля 1958 г. в журнал «Атомная энергия» т.4, вып. 6., с. 576 [2] была направлена статья академика Сахарова «Радиоактивный углерод и непороговые биологические эффекты». Приведённый в ней расчёт показывал, что испытание бомбы мощностью 1 Мт приводит к гибели около 10000 человек.

16 мая 1960 Т. Мейманом (1927–2007) был продемонстрирован первый оптический квантовый генератор, а через год Сахаров предложил

использовать лазерное обжатие мишени для получения управляемой термоядерной реакции.

Одно из последних военных созданий, в которых принимал участие Сахаров, 50-мегатонная «Царь-бомба», которая стала апофеозом в гонке за мощностью. Сахаров и его сотрудник Адамский были инициаторами заключения 5 августа 1963 года в Москве договора "О запрещении ядерных испытаний в атмосфере, в космосе и под водой".

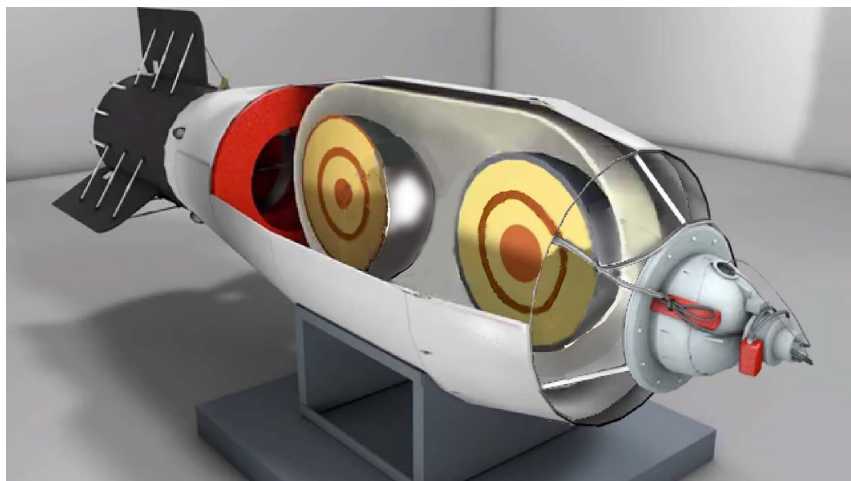


Рис. 5. Изделие АН602 «Царь-бомба»

До 11 июля 1968 г. академик Сахаров был начальником теоретического отдела НИИЭФ (так с 1966 г. называлось КБ-11) и заместителем Ю.Б. Харитона. В августе 1968 г. он был уволен за опубликованную за границей статью «Размышления о прогрессе, мирном сосуществовании и интеллектуальной свободе», и навсегда уехал из «Арзамаса-16» 14 сентября 1969 г.

30 июня 1969 года он был зачислен в Отдел теоретической физики ФИАН и за 1967–1980 годы опубликовал более 15 научных работ по космологии и теории элементарных частиц.

Именем Сахарова названы улицы и проспекты в городах РФ и зарубежных стран. В 2003 г. в Санкт-Петербурге на Васильевском острове был установлен памятник Андрею Дмитриевичу Сахарову на площади, носящей его имя. В 1992 г. имя академика было присвоено горной вершине на Алтае, его именем также был назван астероид № 1979.

*Литература*

1. Сахаров А.Д. «Воспоминания» Т.1. – М.: Колибри, 2016.
2. Сахаров А.Д. «Научные труды»: сборник / ОТФ ФИАН. –М.: ЦентрКом, 1995.
1. «История советского атомного проекта». М.: ИздАт, т. 3, 1999.
3. «Рыцарь ядерного оружейного комплекса» (к 80-летию Г.А. Смирнова). Тамбов: Изд. «Юлис», 2019.
4. Ритус В.И. «Группа Тамма–Сахарова в работе над первой водородной бомбой» УФН 2014 – №9 (184) – с. 975–983.
5. A. Wellerstein, E. Geist «The secret of the Soviet hydrogen bomb» Physics Today, April 2017, pages 40–47
6. «Ядерные испытания СССР» – М.: ИздАт, 1997

В.Г. Лукашик, выпускник физического факультета МГУ 1991 г.

***Выделено мной** — Главный редактор.

К 110-ЛЕТИЮ СО ДНЯ РОЖДЕНИЯ АРСЕНИЯ АЛЕКСАНДРОВИЧА СОКОЛОВА (1910–1986)



19 марта 2020 г. исполнилось 110 лет со дня рождения Арсения Александровича Соколова — выдающегося ученого, физика-теоретика, Заслуженного деятеля науки и техники РСФСР (1971), лауреата Сталинской премии (1950), премии Московского общества испытателей природы (1969), Ломоносовской премии МГУ I степени (1971), Государственной премии СССР (1976), автора научного открытия (эффект Соколова – Тернова, 1963).

А. А. Соколов родился в городе Новониколаевске (ныне Новосибирск) в семье учителей начальной железнодорожной школы.



В 1927 г. он поступил на физико-математический факультет Томского университета. После его окончания в 1931 г. был оставлен на кафедре теоретической физики, где работал до 1934 г. сначала в должности ассистента, а затем доцента. В 1934 г. под руководством профессора П. С. Тартаковского он защитил кандидатскую диссертацию на тему «Движение электронов в кристаллической решетке». В 1935 г. был утвержден в ученом звании доцента по кафедре теоретической физики. В 1939 г. А. А. Соколов переехал в Свердловск (ныне Екатеринбург), где работал в Свердловском педагогическом институте и в Свердловском университете сначала доцентом, а затем профессором и заведующим кафедрой теоретической физики. В 1942 г. в Ленинградском физико-техническом институте, находящемся в то время в эвакуации в Казани, он защитил докторскую диссертацию на тему «Квантовая теория затухания при рассеянии частиц».

В 1945 г. А. А. Соколов был переведен (по инициативе Д. Д. Иваненко и при поддержке И. В. Курчатова) в Москву на физический факультет МГУ, с которым оказалась связанной вся его последующая жизнь. Сначала он был профессором кафедры теоретической физики, а в 1948–1954 гг. — деканом физического факультета. Под руководством А. А. Соколова велось строительство и оснащение нового здания факультета на Ленинских горах, был осуществлен переезд туда кафедр и лабораторий с Моховой улицы. В 1954–1986 гг. он — профессор кафедры теоретической физики, в течение 16 лет (1966–1982) был заведующим этой кафедрой.

Область научных интересов А. А. Соколова была очень широкой: классическая и квантовая теория поля, математическая физика, физика элементарных частиц, теория электронных ускорителей, теория синхротронного излучения.

Уже в 1930-е годы он выполнил ряд фундаментальных работ по квантовой механике, квантовой теории твердого тела, квантовой теории поля. Эти работы были опубликованы в авторитетных (высокорейтинговых, в современной терминологии) журналах: *Zeitschrift für Physik*, *Nature*, *Physikalische Zeitschrift der Sowjetunion*, ЖЭТФ (в этом журнале в 1932 г. опубликована первая научная работа А. А. Соколова «Задача об ангармоническом осцилляторе в волновой механике»). Его работы тех лет по нейтринной теории света, обменной теории ядерных сил нашли продолжение в современной калибровочной теории взаимодействий элементарных частиц. Статья А. А. Соколова (совм. с Д. Д. Иваненко, 1937) по зарядово-симметричному квантованию дираковского (электрон-позитронного) поля вошла в опубликованный Японским физическим обществом сборник репринтов 15 основополагающих работ по квантовой



теории поля, среди авторов которых — П. Дирак, В. Гейзенберг, В. Паули и другие выдающиеся физики.

В 1941 г. он разработал (независимо от В. Гайтлера) квантовую теорию затухания — фундаментальный метод исследования взаимодействий элементарных частиц в области сильной связи. Построил теорию дираковских частиц с ориентированным спином (1945), использованную им для расчета спектра позитрония (1953) и в развитии 4-компонентной теории нейтрино, позволившей дать новую интерпретацию несохранения пространственной четности в слабых взаимодействиях (1958). В конце 1940-х – начале 1950-х годов выполнил (совм. с Д. Д. Иваненко) пионерские работы по квантовой теории гравитации. Разработал оригинальный математический метод использования обобщенных функций в теории поля, развил эффективные приближенные методы решения уравнений математической физики.

С 1948 г. А. А. Соколов развивал с сотрудниками и учениками классическую и квантовую теорию синхротронного излучения (СИ) — мощного электромагнитного излучения релятивистских электронов, движущихся в магнитном поле по круговой орбите в ускорителях (синхротронах) и накопительных кольцах. Это уникальное физическое явление широко используется в различных областях науки и техники. А. А. Соколов получил (совм. с Д. Д. Иваненко, 1948) замкнутую асимптотическую формулу, равномерно описывающую спектр СИ во всей существенной области. В 1949 г. эта формула была независимо (другим методом) получена американским физиком-теоретиком Ю. Швингером, впоследствии неоднократно цитировавшим работу советских авторов. Исследования А. А. Соколова этих лет вошли в написанную совместно с Д. Д. Иваненко монографию «Классическая теория поля» (1949), отмеченную в 1950 г. Сталинской премией. Эта была первая современная книга по теории поля, в которой систематически излагался аппарат теории обобщенных функций, и очень востребованная: ряд известных зарубежных физиков, среди которых лауреат Нобелевской премии И. Р. Пригожин, вспоминали о ней как о своей настольной книге. Ее второе дополненное издание (1951) было переведено на немецкий, китайский и другие языки.

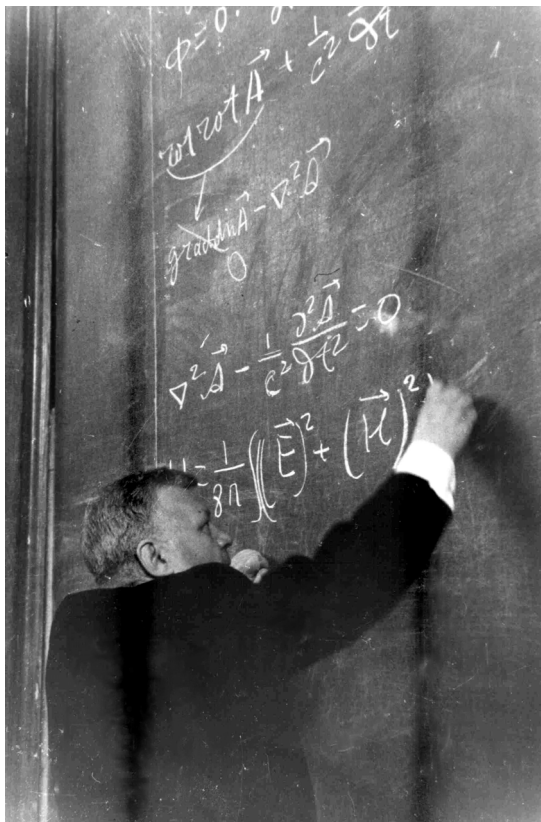
А. А. Соколов предсказал (совм. с И. М. Терновым) фундаментальные эффекты квантовых флуктуаций орбиты электрона в магнитном поле (1953) и радиационной поляризации электронов и позитронов в накопителях вследствие синхротронного излучения (эффект Соколова – Тернова, зарегистрирован в Государственном реестре открытий СССР за № 131 в 1973 г. с приоритетом от 1963 г.). Эти эффекты были экспериментально обнаружены и детально исследованы в крупнейших мировых научных центрах; первый эффект обеспечивает нормальную работу ускорителей и



накопителей, а второй используется для получения поляризованных пучков электронов и позитронов высоких энергий. Термин “Sokolov–Ternov effect” и соответствующие ссылки постоянно встречаются в современной мировой научной литературе (в качестве интересного примера можно указать название опубликованной в 2020 г. статьи: Synchrotron-Like Radiation Beyond The Standard Model I: Hunting for new physics with the Sokolov–Ternov effect). Часто цитируются и фундаментальные монографии А. А. Соколова и И. М. Тернова по теории СИ: “Synchrotron Radiation” (Berlin, Akademie-Verlag; New York, Pergamon Press, 1968) и «Релятивистский электрон» (М., Наука, 1974, 1983) [перевод на англ. 2-го изд.: “Radiation from Relativistic Electrons” (New York, AIP, 1986)]. За предсказание и развитие теории указанного эффекта А. А. Соколову была присуждена (совм. с И. М. Терновым) Государственная премия СССР (1976).

В 1970-е годы он инициировал приложение теории СИ к исследованию механизмов генерации гравитационного излучения в лабораторных и астрофизических условиях.

В МГУ А. А. Соколов читал основные курсы по многим разделам теоретической физики, первым в университете начал чтение курса по релятивистской квантовой механике. Прочитал лекции по квантовой теории поля, физике элементарных частиц и теории ускорителей в Бухарестском (Румыния), Йенском (ГДР), Колумбийском (США), Канберрском (Австралия) университетах, научном центре DESY (Гамбург, ФРГ). Как





член Всесоюзного общества «Знание» систематически читал научно-популярные лекции, посвященные современным проблемам физики, ряд его лекций был издан в СССР и за рубежом. В течение многих лет он руководил секцией гравитации НТС Минвуза СССР, экспертной группой ВАК СССР, был председателем спецсовета по теоретической и математической физике в МГУ, заведовал редакцией физики издательства «Мир», был членом редколлегии журнала «Известия вузов СССР. Физика».

А. А. Соколов — создатель большой школы теоретической физики. Он подготовил около 50 кандидатов и 20 докторов наук. Опубликовал свыше 200 научных работ, в том числе 15 монографий, учебников и учебных пособий для университетов, изданных в России и за рубежом. Многие его ученики работают в МГУ, вузах России, институтах РАН и АН государств СНГ.

Профессор кафедры теоретической физики А. В. Борисов

ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПРОФСОЮЗНОЙ ОРГАНИЗАЦИИ ФИЗИЧЕСКОГО ФАКУЛЬТЕТА ПО УЛУЧШЕНИЮ СИСТЕМЫ СТИМУЛИРУЮЩИХ ВЫПЛАТ В МГУ

Существующая в МГУ система стимулирующих выплат вызывает значительное недовольство у сотрудников физического факультета. Критические замечания к существующей системе стимулирования и конкретные предложения по ее совершенствованию сформулированы в решениях профсоюзной конференции факультета в 2017 и 2019 годах. По предложению ОПК МГУ профком физического факультета подготовил следующие предложения к системе стимулирующих выплат на основе обобщения поступивших в профком многочисленных замечаний и пожеланий сотрудников.

1. Предоставить факультетской комиссии определяющее право на подготовку для утверждения в ректорате списка сотрудников на стимулирующие выплаты на основе представлений кафедр, согласованных с профсоюзной организацией. Такое предложение основывается на том, что только заведующий и коллектив кафедры имеют не формальное, а компетентное представление о реальном вкладе каждого конкретного сотрудника в учебный процесс, об объеме, значимости его научных достижений.



2. При подготовке приказов о выплате стимулирующих надбавок строго придерживаться положений приказа № 195 от 19 марта 2015 года о порядке и условиях установления выплат стимулирующего характера как постоянно действующего документа, ориентированного сотрудников на активную педагогическую и научную работу. Исключить в Приказах свободное толкование приказа № 195, подобное допущенному в приказе № 155 от 11.03.2021, согласно которому первым пунктом в поощрении за учебную работу указано: «подготовка и организация учебного процесса в весеннем семестре 2020/21 уч. года...» вместо реального осуществления учебного процесса. Для поощрения по узким критериям, относящимся к группе конкретных людей (например, «участник подготовки и реализации проекта "Вернадский"» или «организация и участие в проекте "Диалог о настоящем и будущем"», составитель учебных программ для Саровского филиала МГУ) целесообразно использовать целенаправленное финансирование, выделив какой-то процент стимулирующего фонда и не вызывая тем самым неопределенность в подготовке материалов на поощрение у основного коллектива сотрудников.
3. Стимулирование за научную работу на основе публикаций в высокорейтинговых журналах, указанных в ИСТИНЕ МГУ, следует осуществлять по итогам всего предыдущего календарного года, выплачивая премию на регулярной основе или единовременно. Такая система позволит в ежеквартальных выплатах исключить доминирование поощрения за научные публикации в ущерб педагогической деятельности и будет в полной мере соответствовать положениям приказа от 2015 года, согласно которому приоритеты в поощрении таковы: “При определении конкретного размера выплат стимулирующего характера учитываются количественные и качественные показатели деятельности работников по следующим направлениям:
 - учебная работа;
 - учебно-методическая работа;
 - научно-исследовательская деятельность;
 - руководство научной работой студентов, аспирантов, стажеров, соискателей, докторантов, исследовательских коллективов;
 - воспитательная работа;
 - организационно-методическая работа”.

Кроме того, оценка научной деятельности по итогам года устранил погрешности ИСТИНЫ МГУ, связанные с реально существующей за-



держкой получения информации о цитировании статьи из внешних источников, о публикации в журнале из списка WoS, Scopus. Наконец, при стимулировании научной деятельности по итогам года не будет разброса по выплатам в различных кварталах.

1. Распространить действие стимулирующих надбавок на инженерный и учебно-вспомогательный состав, большинство сотрудников которого принимают активное участие в учебной и научной работе.
2. Необходимо обеспечить прозрачность системы выплат, сформулировав и придав гласности четкие критерии получения надбавок за различные виды учебной работы (лекции по общим курсам, межкафедрским, подготовка новых курсов, семинарские занятия, практикумы), методической работы (учебные пособия, постановка новых задач в практикумах, составление учебных программ), за научную работу (публикации в журналах различного квартиля с учетом состава авторского коллектива), за научно-прикладную работу (по хозяйственным, по спецтематике).

*Председатель профкома сотрудников физического факультета
Н.Е. Сырьев*

ТРАДИЦИИ И ИННОВАЦИИ В СИСТЕМЕ ПОДГОТОВКИ УЧИТЕЛЕЙ ФИЗИКИ

К 90-летию МОПИ им. Н.К. Крупской — МПУ–МГОУ

В 2021 году Государственное образовательное учреждение высшего образования Московской области Московский государственный областной университет празднует своё 90-летие. МГОУ — старейшее высшее учебное заведение Подмосковья, специализирующееся на подготовке научно-педагогических кадров. Вместе с университетом в этом году свой юбилей празднует и физико-математический факультет. За годы работы факультетом было выпущено более десяти тысяч специалистов для образовательных и научно-исследовательских организаций. На рис. 1 редкая архивная фотография — первый выпуск учителей физики на физико-математическом факультете (1935 г.).



Рис. 1. Фотографии первых выпускников — учителей физики физико-математического факультета (1935 г.)

Факультет всегда отличал сильный высококвалифицированный профессорско-преподавательский состав. В разные годы здесь работали и работают выдающиеся ученые в том числе: профессор А.А. Темляков; профессор А.А. Власов; профессор В.Т. Базылев; действительный член АПН СССР, лауреат Сталинской премии профессор В.А. Фабрикант; член-корреспондент Академии педагогических наук РСФСР, профессор И.К. Андронов; профессор В.Ф. Ноздрев; профессор О.В. Голубева; член-корреспондент Российской академии образования, профессор Г.Л. Луканкин; профессор А.С. Лагунов; заслуженный деятель науки РФ, профессор Ю.И. Яламов; профессор Л.С. Хижнякова; заслуженный деятель науки РФ, профессор А.В. Латышев; профессор А.К. Дадиванян; профессор Д.Л. Богданов; профессор В.В. Беляев; профессор, Е.В. Калашников.



Рис. 2. Структура факультета

Приоритетной целью развития физико-математического факультета является совершенствование подготовки современного, успешного

специалиста, обладающего практическими навыками и умениями на фундаменте качественной академической подготовки в области физики, математики и информатики. Концепция развития факультета основана на взаимосвязи фундаментальных исследований в области физики, математики, информатики и реализации инновационных технологий в области методики преподавания дисциплин физико-математического цикла (рис. 3).

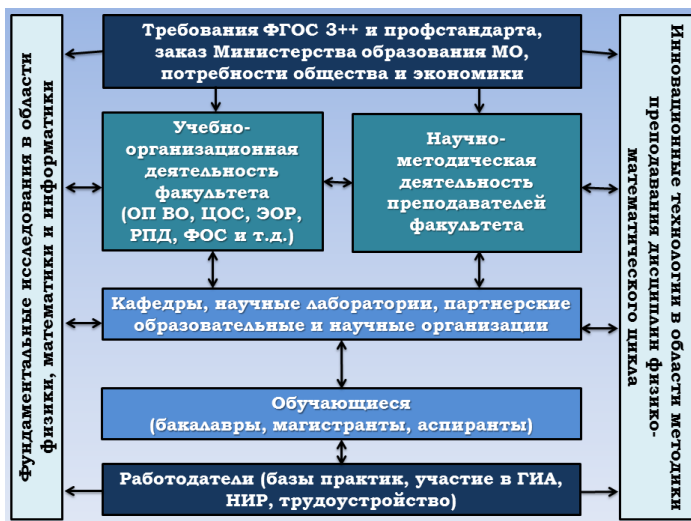


Рис. 3. Инновационная цифровая система непрерывной подготовки обучающихся

Особое внимание на факультете уделяется подготовке будущих учителей физики. За эти годы сформировалась и развивается система, кото-

рая включает в себя проверенные временем традиционные подходы, основанные на глубокой фундаментальной предметной базе, и инновационные, отражающие требования современного общества.

Опыт педагогической и научно-исследовательской деятельности, накопленный обучающимися за период обучения, позволяет им участвовать в профессиональных конкурсах, научных мероприятиях, олимпиадах, проектах, грантах. Так, с 2019 года физико-математический факультет МГОУ принимает активное участие в проекте «Вернадский — Подмосковье», целью которого является формирование научно-образовательных консорциумов, интегрирующих возможности университетов в целях социально-экономического и инновационного развития региона, эффективного использования передовых достижений образования, науки и технологий. В рамках данного проекта состоялись (рис. 4):

- презентация мастерской научных проектов «Физика космоса»;
- лекции преподавателей МГУ им М.В. Ломоносова «Современное состояние физики микромира и космоса», «Физика космоса», «Жизнь Земли в атмосфере Солнца»;
- практикум по атомной и ядерной физике для преподавателей МГОУ, ГГТУ, ГСГУ и студентов по направлению подготовки: 03.03.02 «Физика»;
- практикум по атомной и ядерной физике для учителей школ Московской области и студентов по направлению подготовки 44.03.05 «Педагогическое образование» по профилю: «Физика и информатика».





Рис. 4. Студенты физико-математического факультета — участники проекта «Вернадский – Подмоскowie»

Живой интерес у обучающихся и преподавателей вызвали лекции, прочитанные спикерами проекта: руководителем лаборатории общего и специального практикума научно-исследовательского института ядерной физики имени Д.В. Скобелыцина МГУ им. М.В. Ломоносова В.В. Радченко; заместителем директора по учебной работе научно-исследовательского института ядерной физики имени Д.В. Скобелыцина МГУ им. М.В. Ломоносова Е.В. Широковым; преподавателем кафедры физики космоса физического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова С.А. Красоткиным; заместителем заведующего кафедрой физики космоса физического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова С.И. Свертиловым.

В настоящее время сотрудничество между физико-математическим факультетом МГОУ и Научно-исследовательским институтом ядерной физики им. Д.В. Скобелыцина МГУ им. М.В. Ломоносова, физическим факультетом МГУ им. М.В. Ломоносова продолжается. В апреле этого года студенты МГОУ выполнили ряд экспериментов на базе лаборатории общего ядерного и атомного практикума НИИЯФ МГУ. В ходе работы студенты освоили новые методы постановки сложнейших научных экспериментов в области ядерной и атомной физики, познакомились с актуальными методами анализа и обработки полученных данных. Были выполнены исследования искусственной радиоактивности, альфа-распада и взаимодействия альфа-частиц с веществом (рис. 5).



Рис. 5. Лаборатория 5-03 НИИЯФ МГУ

С помощью сцинтилляционного спектрометра были определены энергии гамма-излучения. Исследование процессов взаимодействия γ -квантов с веществом и оценка эффективного сечения взаимодействия γ -квантов проводились с помощью метода поглощения. В атомном практикуме исследовались эффект Комптона, рентгеновская люминесценция и электронный парамагнитный резонанс.

Знакомство с практическим применением современной экспериментальной аппаратуры позволит будущим специалистам увереннее чувствовать себя в своей профессиональной деятельности.

От имени руководства физико-математического факультета МГОУ, преподавателей и, конечно, студентов хочется выразить благодарность сотрудникам НИИЯФ А.А. Брусницыну, Е.А. Курову, И.М. Звереву, Л.А. Янину, С.Ю. Фроликову за проявленный высокий профессионализм, создание обстановки творческого поиска, бесконечное терпение. Успехов и дальнейшего плодотворного сотрудничества!

*Васильчикова Е. Н. доцент кафедры общей физики МГОУ,
Кондратьева Г.В. зав. каф. математического анализа и геометрии МГОУ,
Холина С. А. заведующий кафедрой методики преподавания физики МГОУ.*



ПРАВНУКИ МИХАИЛА ВАСИЛЬЕВИЧА ЛОМОНОСОВА

К 270-летию МГУ

Прежде чем написать эту заметку опросил несколько своих знакомых. При этом задавал два вопроса: «Знают ли они картину, на которой генерал Николай Раевский возглавляет атаку на французов вместе со своими сыновьями? Знают ли они, что дети Раевского, идущие в атаку — правнуки Михаила Васильевича Ломоносова?». Если на первый вопрос все ответили положительно, правда, не уточняя, где и когда происходил этот бой, то второй вопрос у всех вызывал удивление: «Правнуки Ломоносова?».

Никто из опрошенных мной не знал, что в атаку идут юные правнуки М.В. Ломоносова! После таких результатов опросов счел необходимым написать эту маленькую заметку.



Вот эта, многим хорошо знакомая, картина Н.С. Самокиша «Подвиг солдат Раевского под Салтановской (июль 1812 г.)».

Обратите внимание на важную деталь в названии — ПОДВИГ СОЛДАТ. Каково? Впереди Раевские, а подвиг солдат!



В начале вторжения в Россию Наполеон стремился не допустить соединения русских армий и разбить их по частям. В этот начальный период войны было совершено много славных подвигов, например, битва под Красным 2 августа 1812 года. Под Красным Наполеон превосходящими силами атаковал русских, но благодаря мужеству и прекрасной выучке солдат (можно отметить, что дивизия формировалась и обучалась в Москве) под командованием Дмитрия Петровича Неверовского небольшие силы русских — пехотная дивизия — смогли удерживать французскую кавалерию и отойти в Смоленск, где их приветствовали как победителей. Наполеон был в бешенстве: французов было почти в десять раз больше!

К числу славных подвигов начального периода войны относится и бой корпуса Николая Раевского. Было это в самом начале войны 1812 года, третий бой с французами. Под Салтановкой корпус Раевского, входящий во 2-ю армию Багратиона и состоящий из трех полков, атаковал французов «в лоб». Раевский после неудачной атаки двух полков лично возглавил Смоленский пехотный полк и повел его в атаку вместе с сыновьями, был ранен картечью в грудь, но остался в строю. Вот этот момент боя и изображен на картине. Русские ощущали себя победителями, справедливо считая провал планов Наполеона отрезать 2-ю армию успехом.

По некоторым легендам, Раевский будто бы даже перед атакой заявил солдатам, что приносит на алтарь Победы в жертву своих сыновей Александра и Николая. В ту пору Александру было 16, а Николаю — 11. Жена Раевского Софья, внучка М.В. Ломоносова, будто бы утверждала, что привезла младшего сына для участия в войне! Старший, шестнадцатилетний, уже был при отце. За этот подвиг Софью наградили орденом Святой Екатерины малого креста. Все это вполне похоже на правду: жена Раевского сопровождала мужа в походах и умудрилась родить своего второго ребёнка — дочь Екатерину — в походной палатке в военном лагере на Кавказе. Роль повивальной бабки выполнил полковник фон-дер-Пален, оставивший важный след в русской истории.

После войны Раевский всегда отрицал факт участия сыновей в атаке: дескать, не мог он послать детей на смерть! Его адъютант Батюшков, известный поэт, тоже утверждал, что мальчики не были на поле боя. Но в то время тоже понимали, что главное оружие во всякой войне — пропаганда. Поэтому подвиг Раевских широко освещался в газетах, а потом вошел во многие воспоминания о войне, а затем и в произведения искусства (Пушкин, Жуковский и др.). При этом место и время совершения этого подвига часто искажались. Я лично сам читал в газете Одесского военного округа об этом подвиге, якобы совершенном на Бородинском поле. На самом Бородинском поле довелось пить водку из бутылки, на которой была этикетка с изображением фрагмента картины Самокиша, но что особенно меня поразило — все участники боя были левшами!

*Софья Раевская*

Напомню, и на Бородинском поле Раевский-старший героически проявил себя на батарее, ставшей батареей Раевского. На этом, одном из узловых точек Бородинской битвы, снискали славу генералы Ермолов и Кутайсов, первый славу и рану, а второй — не только славу, но и смерть.

Старший сын Николая Раевского — Александр (1795–1868) — был воспитанником пансиона при Мос-

ковском университете, участником заграничного похода. Служил в Одессе, был хорошо знаком с Пушкиным. В 1825 году подозревался в причастности к заговору декабристов. Был даже арестован, но затем оправдан и вскоре вышел в отставку в 1827, в чине полковника, камергера. По воспоминаниям современников отличался выдающимися способностями, но сложным характером, вероятно, поэтому судьба его сложилась трагически.

*Александр Николаевич Раевский*

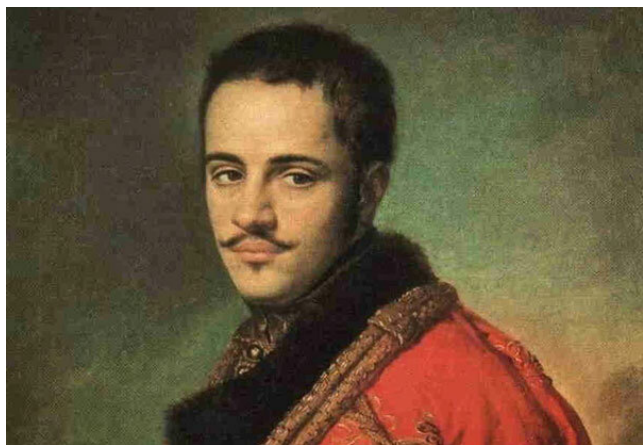


*Николай
Николаевич
Раевский-
младший*

Николай Раевский-младший (1801–1843) — наиболее знаменитый из правнуков Михаила Васильевича Ломоносова. В 11 лет он прибыл к отцу в армию и следовал за ним в походах и сражениях Отечественной войны, в том числе, и это уже не легенда, на Бородинском поле, при Царевом займище, под Тарутином, при Красном, под Лейпцигом! Для тех, кто не в курсе — это места кровопролитнейших сражений. В 13 лет получил орден Владимира 4-й степени с бантом. Эту награду он получил за героизм при взятии Парижа. Позже Николай Раевский-младший участвовал в войнах на Кавказе, служил на юге России, получил чин генерал-лейтенанта, многочисленные награды, в том числе Высочайшее благоволение императора за результаты административной деятельности, что элитой России считалось выше всех наград.

*Екатерина Николаевна
Раевская (1797–1885)*

По многочисленным воспоминаниям, он обладал выдающимися организаторскими спо-





собностями, которые проявил в деятельности на Кавказе, Черноморском побережье, в Крыму. Вместе с Михаилом Лазаревым и Лазарем Серебряковым основал город Новороссийск, где им установлен памятник. Его именем названа станица Раевская под Новороссийском, улица в Новороссийске.



Судеб правнучек Михаила Васильевича не описываю в надежде, что они всем известны.

Две из дочерей Раевской были незамужними и бездетными. Другие две вошли в историю как декабристки. Екатерина была женой генерала Михаила Орлова, который не был в числе активных заговорщиков, поэтому наказание свелось к ссылке в калужскую деревню. Въезд ему и членам семьи в Москву был разрешен через шесть лет.

*Мария Николаевна Волконская
(1804–1863)*

Мария была супругой князя Сергея Волконского, одного из главных заговорщиков. В 1826 году, вопреки стараниям родных, которых возглавлял брат Александр, оставив на их попечение годовалого первенца, вслед за мужем отправилась в Сибирь. Вместе с ним провела в ссылке около 30 лет.

Но как меняются времена! Недавно видел в сети заметку о Марии Николаевне под названием «Бросила новорожденного сына ради каторжника-мужа: княгиня Волконская».

О времена! О нравы!

Показеев К.В.



КАК МЕНЯ ВЫЗВАЛИ НА КСД*

Кажется, что совсем недавно я был студентом. Тринадцать лет тому назад я закончил физфак и поступил в аспирантуру. В бытность аспирантом почти забыл, что такое учебный отдел. После защиты диссертации стал вести научную деятельность профессионально, а поскольку в наше время даже научным сотрудникам нельзя оставаться в стороне от преподавательской деятельности, судьба снова свела нас с учебным отделом. Тогда же, очень скоро, лучшему другу, с которым мы шагали вместе с первой пары первого курса и даже диссертации защищали в один день, предложили позицию начальника курса. Правда, ненадолго: вскоре эту должность упразднили. Помню, после этого настали смутные времена. Пересдачи сессии длились едва ли не весь следующий семестр, со стороны казалось, что учебный процесс был излишне творческим.



Заместителю декана Михаилу Германовичу Гапочке удалось навести порядок и возродить привычную и понятную атмосферу. Над новым первым курсом вновь появился начальник — и опять мой однокурсник! А через год Михаил Германович доверил мне начальствовать над новым курсом. Так мы в третий раз повстречались с учебным отделом.

А что должен делать начальник курса? Заседать в составе КСД? Не только и не столько. Хотя толком разбираться в том, что эта аббревиатура означает, пришлось именно в ранге начальника курса. В студенческие годы я слышал, что иногда собирается комиссия и перевоспитывает грубиянов и лодырей. Странно вообще, что такие появляются среди студентов Московского университета. В действительности всё, конечно, оказалось по-другому. Об этом, проводя курс молодого бойца, мне в деталях рассказал заведовавший тогда бакалавриатом Александр Михайлович Макуренков. Зачастую само личное дело студента как будто оставляет одно возможное решение, и комиссия уже готова его принять. Но возникает дискуссия. Круг возможностей становится значительно шире. Вдруг студент уже сам видит новое решение своего вопроса, которое почему-то



до сих пор никому не приходило в голову. Так удаётся отсеивать тех, кто осилить высшую школу не сможет, и, вместе с тем, помогать в трудную минуту студентам, имеющим потенциал и талант к обучению. Во многом научился отличать одних от других я благодаря богатому опыту мэтров: Михаила Германовича, а также заведующего магистратурой Александра Семёновича Нифанова и куратора студентов по воспитательной работе Бориса Алексеевича Володина. Кстати, Борис Алексеевич в бытность начальником курса, на котором учился я сам, воспитал много патриотов своего дела, с которыми мы и по сей день трудимся вместе на физфаке. А всё потому, что студенты знали начальника своего курса и большинство вопросов решали с ним. В этом и заключается мастерство начальника курса!

Вне всякого сомнения, работа начальника курса – это карьерный рост. Вот, к примеру, был я у одного студента нашей кафедры куратором. Студенту этому учебный отдел предоставил академический отпуск. А через год студент возвращается из отпуска. И вот — я уже для него не какой-то куратор, а начальник курса!

Правда, так было недолго. Вскоре, как и предрекала Татьяна Сергеевна Нестеренко, инспектор курса, студент отправился в очередной академический отпуск. Вообще, с таким надёжным, добрым и жизнерадостным человеком, как Татьяна Сергеевна, всё по плечу! Эти, порой неуловимые, переходы кротости в решительность, беспокойства в эйфорию, а прямоты и открытости — в изобретательность и находчивость не раз помогали на всём пути от собрания первокурсников и до подготовки дипломов! И теперь если в бой — то только вместе!

Кстати, бой с пандемией, который мы вели в окопах своих квартир, нам удалось выиграть тоже благодаря совместной слаженной работе. Коллеги Татьяны Сергеевны, которые инспектируют все остальные курсы физфака, при первой же необходимости готовы прийти на помощь. Если ситуация кажется совсем неразрешимой, своими знаниями и опытом с удовольствием поделится Полина Александровна Мухортова, заведующая нашим учебным отделом.

Разумеется, и современные технологии тоже помогают начальнику курса и всем, кто с ним заодно. В прошлом году дистанционные технологии уже применяли для досрочного завершения последнего семестра в апреле да парочки экзаменов в мае на предыдущем выпускном курсе. Но вот две полноценные сессии взаперти мы сдавали первыми! И тут огромную помощь оказали наши горизонтальные связи внутри факультета. Их просто невозможно переоценить! Прежде всего, активную помощь мне оказал коллектив нашей кафедры акустики. В дни изоляции, когда хороший хозяин и собаку во двор не выпустит, взаимовыручка и взаимозаменяемость были весьма кстати!



Потом дистанционное обучение закончилось. Наступил семестр Шрёдингера. Все вышли в очный режим. Но, несмотря на беспрецедентные меры предосторожности, коронавирус внедрялся в группы, а значит, некоторых студентов приходилось изолировать, чтобы не подвергать опасности участников учебного процесса. Руку на пульсе неустанно держал заместитель декана Сергей Михайлович Варзарь. А организовать учебный процесс в семестре, совмещая очные и дистанционные занятия могла только Лариса Михайловна Зарькова — человек с богатым опытом и нескончаемым оптимизмом, ответственный за наше расписание.

Теперь, пройдя весь четырёхлетний путь, мы с Татьяной Сергеевной ненадолго вверяем наших студентов инспекторам по выпуску — Татьяне Анатольевне Ворониной и Наталье Александровне Нестеровой, которые сделают студентов бакалаврами и откроют перед ними путь в магистратуру. Я безмерно благодарен всем, кто был рядом и в минуты радости, и в сложные моменты! Трудности, безусловно, были. И многие из этих трудностей мы преодолели. Каждый из нас будет помнить тех, кто навсегда остался студентом. Каждый будет беречь ту дружбу, которая сложилась в студенческие годы! А я всегда буду благодарен всем своим студентам: и тем, с кем мы были вместе все четыре года, и тем, кто присоединился к нам в процессе, и тем, у кого ещё не получилось реализовать задуманное и стать физиком-бакалавром в этом году, но у кого, я уверен, задуманное сбудется в ближайшем будущем!

*КСД — комиссия по студенческим делам.

Начальник IV курса Т.Б. Крит.

ВЕСНА НА ФИЗИЧЕСКОМ ФАКУЛЬТЕТЕ

Этой весной физический факультет вместе со всей страной отмечал 60-летие со дня первого полета человека в космос. На факультете в честь юбилейного Дня космонавтики прошел фестиваль, который состоял из множества мероприятий различных форматов и длился целый месяц. Фестиваль впервые совместно организовывали все 4 студенческие организации: Профсоюзный комитет, Студенческий совет, Студенческий комитет и Оргкомитет Дня Физика.

Профком, ОКДФ и студенты факультета космических исследований организовали и провели праздничный музыкальный концерт, в котором приняли участие 20 талантливых исполнителей с разных факультетов. Все желающие смогли посмотреть онлайн-трансляцию в группе фестива-



ля. На факультете также прошел творческий конкурс на космическую тему. Свои работы представили 19 участников, в том числе сотрудники факультета и их дети. Всего жюри оценило более 40 работ, 9 из которых стали победителями и получили ценные призы, а также картины и фотографии, распечатанные в хорошем качестве на профессиональном оборудовании. Все работы во время фестиваля можно было увидеть на выставке в холле перед ЦФА вместе с историческими приборами для настоящих космических исследований из НИИ ядерной физики.



На современное оборудование в лабораториях, занимающихся исследованиями космоса в МГУ, можно было посмотреть, посетив экскурсии в НИИЯФ и ГАИШ от Студенческого совета. Кроме того, специалистов и признанных ученых можно было послушать в онлайн-лектории. Темами разговора стали прошлое и будущее космонавтики, нерешенные проблемы космологии, самые актуальные исследования последних лет, а также популяризация науки в целом. Среди лекторов были научные сотрудники НИИЯФ, ГАИШ и РАН, а также Владимир Георгиевич Сурдин, астроном, автор научно-популярных книг по астрономии и астрофизике, и Дмитрий Побединский, популяризатор науки, автор канала «Физика от Побединского», лауреат премии «Просветитель. Digital».

Увлекательный квест на космическую тематику, организованный Студенческим комитетом, прошел в офлайн-формате. По всему факультету было спрятано 5 подсказок, которые нужно было расшифровать для того, чтобы пройти игру. Две команды, которые справились с этим быстрее всех, получили в качестве призов билеты в планетарий. А для тех, кто



сидел дома, прошел онлайн-кинопоказ: в группе фестиваля транслировался фильм Алексея Учителя «Космос как предчувствие».

После Дня космонавтики в конце апреля прошло другое большое событие. Профком физфака совместно с Объединенным профсоюзным комитетом МГУ провели первую общеуниверситетскую Благотворительную ярмарку. Товары для продажи на ней предоставляли студенты и сотрудники МГУ. Всего было представлено более 300 товаров с самых разных факультетов, около трети из которых потом были куплены во время ярмарки. Все покупки проходили онлайн, прямо в группе Вконтакте. За 4 дня ярмарки нам удалось собрать более 50 тысяч рублей. Все вырученные средства отправились в благотворительный фонд «Подари жизнь», который помогает детям с онкологическими заболеваниями.

В мае во всем университете прошел традиционный сбор макулатуры и вторсырья. Студенты, аспиранты и сотрудники физического факультета сдали на переработку 2031 килограмм бумаги, картона и старых книг. Благодаря нашим совместным усилиям физфак занял 1 место среди всех факультетов по количеству собранной макулатуры. Кроме бумаги, на переработку в этом году собирали пластиковые крышечки, блистеры от таблеток, ручки, фломастеры и батарейки.



Все мероприятия этой весны прошли не только увлекательно, но и безопасно. Мы следим за соблюдением эпидемиологических норм, отказываемся от форматов, подразумевающих большое скопление людей. Надеемся, что, несмотря на это, у нас получается делать жизнь студентов и сотрудников факультета немного разнообразнее и интереснее!

Ерохина Мария, 3 курс



ПАМЯТИ АЛЕКСАНДРА СЕРГЕЕВИЧА ИЛЮШИНА (20.10.1943–12.04.2021)



12 апреля 2021 года ушел из жизни Александр Сергеевич Илюшин, выдающийся ученый в области физики твердого тела, доктор физико-математических наук, профессор, заслуженный работник высшей школы Российской Федерации, заслуженный профессор Московского университета, профессор, заведующий кафедрой физики твердого тела физического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова, директор Музея физического факультета.

Александр Сергеевич Илюшин родился 20 октября 1943 года в эвакуации в городе Кемерово. Родители А.С. Илюшина работали на эвакуированном в Сибирь за-

воде: отец был конструктором боеприпасов, мать руководила измерительной лабораторией. После войны завод переместился в подмосковный город Железнодорожный, где и обосновалась семья.

В 1961 г. А.С. Илюшин с серебряной медалью окончил среднюю школу №2 г. Железнодорожного Московской области и в том же году поступил на физический факультет МГУ, прекрасно сдав как пять предметных вступительных экзаменов, так и не менее важный шестой — «вступительный экзамен на трудовом фронте» (строительство Московской кольцевой автомобильной дороги в районе нынешнего Ясенево). С 1964 г. А.С. Илюшин на кафедре физики твердого тела, где он прошел путь от студента до профессора, заведующего кафедрой.

В 1967 г. А.С. Илюшин окончил физический факультет МГУ, в 1971 г. — аспирантуру, в том же году защитил кандидатскую диссертацию, а 1989 г. — докторскую. Его авторитет в научной и педагогической



деятельности характеризует тот факт, что еще до защиты докторской диссертации А.С. Илюшин стал заведующим кафедрой физики твердого тела (с 1987 г.).

Научные интересы А.С. Илюшина были связаны с изучением фаз Лавеса — области структурообразования интерметаллических соединений. Комплексные экспериментальные и теоретические работы, выполненные А.С. Илюшиным, связаны с решением задач создания материалов с особыми оптимальными физическими свойствами. Им впервые был обнаружен ряд новых физических эффектов: дисторсионные фазовые переходы и спонтанная внутренняя магнитострикция в редкоземельных фазах Лавеса, проведено их полное структурное исследование и установлен атомно-структурный механизм спонтанной магнитострикции, предложены и разработаны методы управления энергией магнито-кристаллической анизотропии и магнитострикцией в этом классе магнитных материалов с помощью различных физических факторов (концентрация, температура, давление и пр.).

А.С. Илюшин вел активную педагогическую деятельность. Он работал и читал оригинальные специальные курсы «Основы дифракционного структурного анализа», «Структурные дифракционные методы: основы эксперимента», «Структурная физика редкоземельных интерметаллидов», «Современные проблемы физики конденсированного состояния вещества», «Основы физики функциональных магнитных материалов». Под его руководством выполнено более 30 дипломных работ студентов, защищены 24 кандидатские и 1 докторская диссертация. Его ученики успешно трудятся не только в Российской Федерации, но и на Украине, в Грузии, Марокко, Сирии, Египте, Ираке, США, Венесуэле, Южной Корее, Китае. Значительное внимание Александр Сергеевич уделял популяризации и пропаганде структурной физики твердого тела: с его именем связаны ряд учебных фильмов и статей в журналах технологического направления.

А.С. Илюшин придавал особое значение аттестации научных и педагогических кадров, экспертизе учебных и научных работ. Он являлся членом Ученого совета физического факультета; заместителем председателя диссертационного совета МГУ.01.01; заместителем декана по научной работе физического факультета (1992–1995 гг.); действительным членом Международной академии информатизации (1999 г.) и Российской академии естественных наук (2001 г.); членом Президиума РАЕН (2014 г.); председателем Отделения проблем радиоэлектроники, нанофизики и информационных технологий РАЕН (2008 г.); членом Международного и Национального союзов кристаллографов; членом редакционных коллегий журналов «Перспективные материалы», «Физика и химия обработки материалов», «Вестник Московского университета. Серия 3. Физика. Астрономия», «Ученые записки физического факультета Мос-



ковского университета»; председатель редакционного совета журнала «Радиоэлектроника, наносистемы, информационные технологии».

Портрет А.С. Илюшина будет далеко не полон, если ничего не сказать о его увлечении ФИЛАТЕЛИЕЙ. В начальных классах А.С. Илюшин собирал марки по теме «спорт», переписывался с другими юными филателистами из Чехословакии, Польши, Албании, ГДР и обменивался с ними марками. С 1972 г. А.С. Илюшин член Всероссийского общества филателистов — Союза филателистов СССР. В 1974 г., во время стажировки в США, он вступил в Американское филателистическое общество (став там первым представителем СССР). Тогда же, в далеком 1974 г., А.С. Илюшин начал изучать цельные вещи Российской Империи.

А.С. Илюшин был одним из организаторов Союза филателистов России (СФР) и Первым президентом СФР (1992–2001 гг.), членом Президиума Исполнительного совета СФР (2001–2009 гг.), Президентом СФР (с 2009 г.), Почётным президентом СФР (2018 г.). Он являлся почетным членом трех филателистических союзов: России, Армении и США, членом Королевского филателистического общества (Великобритания), Словацкой Академии филателии (Словакия), Американского общества коллекционеров цельных вещей (США), Британского общества коллекционеров цельных вещей (Великобритания), членом тематических филателистических обществ «Химия и физика на марках» (США) и «Технотема» (ФРГ); членом коллегий жюри Международной федерации филателии (FIP, с 1988 г.) и Союза филателистов России (1986).

Александр Сергеевич участвовал в работе международных жюри более 40 Всемирных, Европейских и международных филателистических выставок; в 1997 г. являлся вице-президентом жюри и организационного комитета Всемирной филателистической выставки «Москва-97», а в 2007 г. — президентом жюри Всемирной филателистической выставки «Санкт-Петербург–2007».

А.С. Илюшин являлся членом Комиссии Федерального агентства связи по государственным знакам почтовой оплаты; Общественного совета при ИТЦ «Марка»; экспертом по филателии Министерства культуры РФ; членом Международной Ассоциации журналистов-филателистов; членом редакционных советов филателистических периодических изданий «Филателия», «Марка», «Коллекционер», «Международный филателистический журнал»; главным редактором альманаха «Почтовые цельные вещи и почтовая история» и ежегодника «Коллекционер»; автором каталога «Цельные вещи Российской Империи 1845–1917 гг.».

Александр Сергеевич — замечательный человек и ученый, всегда открытый, доброжелательный, внимательный. В сложные и переломные для нашей страны 1990-е годы ему удалось не только сохранить профессорско-преподавательский и научный штат кафедры, но и способствовать развитию на кафедре пионерских исследований в области взаимодей-



ствия рентгеновского синхротронного излучения с веществом. А.С. Илюшин уделял большое внимание вопросам повышения квалификации и должностного роста сотрудников кафедры, за последнее время на возглавляемой им кафедре защищены 2 докторские и 8 кандидатских диссертаций. Конечно, нам всем его будет не хватать...

А.С. Илюшин награжден медалью «В память 850-летия Москвы»; почетным именным знаком международного гуманитарного фонда «Знание» им. С.И. Вавилова; юбилейными нагрудными именными знаками «225 лет МГУ им. М.В. Ломоносова» и «250 лет МГУ им. М.В. Ломоносова».

Светлая память об Александре Сергеевиче, замечательном человеке, выдающемся ученом, блестящем педагоге и талантливом организаторе, навсегда сохранится в сердцах тех, кому посчастливилось с ним общаться и работать.

Коллектив кафедры физики твердого тела, коллеги, друзья

СОВЕТСКИЙ ФИЗИК

4(150)/2021
(сентябрь–октябрь)



ОРГАН УЧЕНОГО СОВЕТА, ДЕКАНАТА
И ОБЩЕСТВЕННЫХ ОРГАНИЗАЦИЙ
ФИЗИЧЕСКОГО ФАКУЛЬТЕТА МГУ
2021



ПОЗДРАВЛЕНИЕ ПРОФЕССОРА Н.Н. СЫСОЕВА, ДЕКАНА ФИЗИЧЕСКОГО ФАКУЛЬТЕТА МГУ, С НОВЫМ УЧЕБНЫМ ГОДОМ

*Дорогие студенты, аспиранты, преподаватели
и все сотрудники факультета!*

Сердечно поздравляю вас с Днем знаний и новым учебным годом!

Приветствую наших первокурсников — добро пожаловать на факультет, с поступлением вас! Вы сделали один из главных выборов в своей жизни, выбрали профессию, можно сказать, свое будущее! Желаю вам учиться с удовольствием и упорством, трудиться каждый день, на каждой паре, а на нашем факультете созданы все условия для того, чтобы вы стали профессионалами своего дела.

Студентам и аспирантам, для которых это уже не первый учебный день, а продолжение интереснейшего пути в стенах Московского университета, желаю и в дальнейшем старания и упорства в приобретении знаний. Отличных вам отметок, легких экзаменов и зачетов, интересных лекций, верных друзей!

От всей души поздравляю с началом учебного года весь профессорско-преподавательский состав и сотрудников факультета. Ваш колоссальный труд, самоотдача и наивысший профессионализм — залог высокого качества образования. Желаю вам постоянных достижений в вашем нелегком каждодневном труде, карьерного роста, терпения, стойкости, прилежных и внимательных студентов.

Желаю всем крепкого здоровья, выдающихся успехов, упорства и настойчивости на пути к новым целям, достижениям и открытиям на благо отечественного образования и России!

Непростой период борьбы с коронавирусом стал для нашего факультета эпохой нового развития и роста, а главное — еще больше нас сплотил.

За последний год мы сумели эффективно адаптироваться к сложившейся ситуации. Нам удалось успешно внедрить новые формы совместной работы, провести множество интересных дистанционных мероприятий в онлайн-формате.

Мы приобрели огромный, интересный и ценный опыт, который обязательно будем совершенствовать и использовать в дальнейшем!



*Декан физического факультета МГУ
профессор Н.Н. СЫСОЕВ*



СТАРТ СТРОИТЕЛЬСТВА НОВЫХ КЛАСТЕРОВ НАУЧНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ДОЛИНЫ МГУ



12 июля 2021 года состоялась торжественная церемония начала строительства кластеров «Междисциплинарный» и «Образовательный» Инновационного научно-технологического центра МГУ «Воробьевы горы». В мероприятии приняли участие ректор МГУ академик В.А. Садовничий, мэр Москвы С.С. Собянин и генеральный директор Госкорпорации «Росатом» А.Е. Лихачев.

«Проект, поддержанный Президентом России, даст шанс реализовать себя тысячам ученых, аспирантов и студентов. Это отличная возможность для инноваторов и инвесторов прикоснуться к развитию научных областей. Это одно из важнейших событий накануне 270-летия МГУ, которое предстоит в 2025 году. Освоение новой территории рядом с Московским университетом, возведение корпусов его научно-технологической долины – небывалый грандиозный проект, который уже реализуется. Я благодарен мэру Москвы Сергею Семеновичу Собянину за огромную поддержку этой инициативы. Именно благодаря этой поддержке мы все уже видим, как оторвался от земли, как растет первый корпус "Ломоносов". Огромную помощь воплощению проекта инноваци-



онного научно-технологического центра МГУ "Воробьевы горы" оказывает президент Государственной корпорации "Росатом" Алексей Евгеньевич Лихачев. Не стоит забывать, именно благодаря ей над нашей страной сегодня мирное небо, а в домах жителей – свет и тепло. Нас связывает еще и проект организации филиала МГУ в городе Сарове, реализуемый по поручению президента России Владимира Владимировича Путина. Все вместе – это инфраструктура созидания, инноваций, движения вперед в фундаментальной и прикладной науке», – рассказал ректор Московского университета В.А. Садовничий.

Мэр Москвы С.С. Собянин отметил, что сегодня большое событие для МГУ, для города, для российской науки. «Должен сказать, что в Москве мы привыкли к масштабу, стройке. Этим, наверное, никого не удивишь, но то, что реализуется здесь по поручению Президента России, это является, конечно, уникальным проектом для нашей страны. В центре города, рядом с лучшим университетом страны, разворачивается такая стройка, которая призвана объединить потенциал Московского государственного университета, ведущих корпораций страны, инновационного малого и среднего бизнеса, правительства Москвы, правительства Российской Федерации, под эгидой президента страны. Это действительно будет ведущая площадка, которая объединяет образовательный, научный, технологический потенциал страны», – подчеркнул мэр.

«Росатом и МГУ связывают многолетние дружеские взаимоотношения: в данный момент это совместная работа по созданию филиала МГУ в Сарове (в декабре 2020 года эту инициативу Росатома по созданию в Национального центра физики и математики и открытию там филиала университета одобрил Президент России), а теперь и возможность участия в новом проекте МГУ, продвигающем российскую науку и технологии. Росатом обладает большим опытом и передовыми компетенциями в области строительства. Мы управляем сооружением не только атомных станций, но и других сложных объектов капитального строительства, не связанных с энергетикой, но требующих высокопрофессионального подхода. Мы готовы поделиться этим опытом и в ходе создания Инновационного научно-технологического центра МГУ», – отметил А.Е. Лихачёв.

В 2015 году ректор Московского государственного университета имени М.В.Ломоносова академик В.А. Садовничий выступил с инициативой создания научно-технологической долины МГУ на новой территории Московского университета (ныне – Инновационный научно-технологический центр (ИНТЦ) МГУ «Воробьевы горы»). Инициатива была поддержана Президентом Российской Федерации.

Основная идея создания ИНТЦ заключается в формировании на территории Московского университета инновационной экосистемы мирово-



го уровня в целях реализации приоритетов научно-технологического развития России, повышения инвестиционной привлекательности сферы исследований и разработок, коммерциализации их результатов, расширения доступа граждан и юридических лиц к участию в перспективных, коммерчески привлекательных научных и научно-технологических проектах.

Проект ориентирован на создание высокорентабельного инновационного механизма функционирования Центра на базе междисциплинарных фундаментальных и научно-прикладных исследований на цифровой основе, результатом которых являются передовые технологии, востребованные экономикой. Движущей силой проекта выступают передовые междисциплинарные научно-образовательные школы Московского университета, замкнутые на реальный сектор экономики, в том числе вовлекающие в свою деятельность перспективные стартапы.

Центр создается в качестве инновационного научно-технологического интерфейса Московского университета с промышленностью России и научно-образовательной площадки для подготовки кадров для новой цифровой экономики.

Приоритетные направления инновационной научно-технологической деятельности реализуются путем развития взаимосвязанных кластеров. 12 июля был дан старт строительству кластеров «Междисциплинарный» и «Образовательный».

Первый предназначен для междисциплинарных гуманитарных исследований и исследований в области когнитивных наук и искусственного интеллекта; реализации Транснационального мегапроекта «Единая Евразия»; инновационных спортивных разработок (разработка научных основ развития спорта в России; создание методики описания «идеальных» моделей спортсменов с учётом генетических, физиологических, антропологических, биохимических характеристик человека; вопросы психологического обеспечения и сопровождения спорта).

В «Образовательном» кластере предполагается наличие учебных аудиторий и исследовательских лабораторий для реализации образовательных проектов (в том числе программ дополнительного образования) на базе факультетов и научно-образовательных школ МГУ, а также формирование инновационной среды для развития научно-технологических стартапов.

На сегодняшний день выполнен первый этап проектирования кластеров: завершены эскизная проработка архитектурных проектов и инженерно-изыскательские работы на стройплощадках, подготовлены котлованы для начала строительных работ.

<https://www.msu.ru/news/start-stroitelstva-novykh-klasterov-nauchno-tehnologicheskoy-doliny-mgu.html>



МГУ — ЛИДЕР МИРОВОГО РЕЙТИНГА НАУЧНОГО ЦИТИРОВАНИЯ NATURE INDEX RANKING 2021 СРЕДИ РОССИЙСКИХ ВУЗОВ

В мировом рейтинге научного цитирования Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова занял первое место среди отечественных университетов и второе – среди научных организаций, пропустив вперед только Российскую академию наук. Такая оценка достижений МГУ дается в новом выпуске Nature Index Ranking. Ученые Московского университета также заняли 1 место среди всех научных организаций **по физическим наукам, химии, наукам о жизни, в исследованиях Земли и природы**. Рейтинг оценивает работы, вышедшие в период с 1 мая 2020 года по апрель 2021 года.

Ректор Московского университета академик Виктор Антонович Садовничий: «Высокий результат МГУ в Nature Index Ranking 2021 обусловлен как традиционно фундаментальным характером научной и образовательной деятельности университета, так и проявлением междисциплинарного подхода, созданием новых научно-образовательных школ. Образовав 7 междисциплинарных научно-образовательных школ, объединивших интеллектуальный потенциал и исследовательскую инфраструктуру разных факультетов, сконцентрировав его на самых прорывных направлениях развития научного знания, мы создали условия для формирования высокопродуктивных исследовательских групп и получения научных результатов мирового уровня. Сейчас идет усиление инновационного характера структуры научной и образовательной деятельности в рамках новых университетских школ, происходит глубокий синтез деятельности по получению новых знаний и ее трансляции от преподавателя к студенту. Это означает развитие в университете экосистемы научных и образовательных проектов, нацеленной на расширенное воспроизводство научных знаний и кадров. Полагаю, что в недалеком будущем именно от ее результативности во многом будет зависеть масштаб научно-исследовательской и публикационной активности вуза».



https://www.msu.ru/science/main_themes/mgu-lider-mirovogo-reytinga-nauchnogo-tsitirovaniya-nature-index-ranking-2021-sredi-rossiyskikh-vuzov.html



ПРОТИВОВИРУСНАЯ АДсорбЦИОННАЯ АКТИВНОСТЬ НАНОЧАСТИЦ ПОРИСТОГО КРЕМНИЯ

Сотрудники кафедры медицинской физики физического факультета и школы “Фотонные и квантовые технологии. Цифровая медицина”, совместно с коллегами с физического, химического факультета и Федерального научного центра исследований и разработки иммунобиологических препаратов им. М.П. Чумакова РАН продемонстрировали универсальную противовирусную адсорбционную активность наночастиц пористого кремния. Полученные результаты свидетельствуют о большом потенциале использования данных наночастиц в качестве универсальных вирусных сорбентов и дезинфицирующих средств для выявления и лечения вирусных заболеваний. Работа опубликована в журнале *Bioactive Materials* (IF14.593), исследование поддержано грантом РНФ.

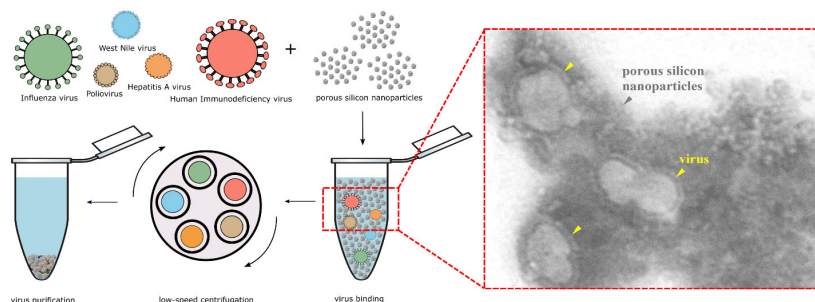


Рис. 1. Схема эксперимента по оценке антивирусной адсорбционной активности наночастиц (слева), а также микрофотография просвечивающей электронной микроскопии вирусов гриппа H1N1, захваченных наночастицами пористого кремния (справа)

Новые патогенные вирусы возникают из уже существующих человеческих вирусов или из вирусов животных. Текущая глобальная пандемия SARS-CoV-2 показала, что новые штаммы патогенных вирусов могут распространяться очень быстро, вызывая болезни и смерть миллионов людей, что, в свою очередь, приводит к значительным негативным социально-экономическим последствиям. Поэтому поиск новых способов борьбы с различными патогенными вирусами является важной актуальной задачей, а стратегии, основанные на применении наноструктурированных материалов, представляют значительный интерес.

Наночастицы пористого кремния в настоящее время продемонстрировали большой потенциал для их использования в биомедицине, осо-

бенно в качестве эффективных систем доставки лекарств. Преимущества применения кремниевых наночастиц в качестве противовирусных агентов связаны с их низкой токсичностью и биоразлагаемостью, а также с простотой и воспроизводимостью методов их изготовления.

Сотрудники физического факультета совместно с коллегами впервые показали противовирусную адсорбционную (вирулицидную) эффективность наночастиц пористого кремния против различных оболочечных и безоболочечных патогенных вирусов человека, таких как вирус гриппа А, полиовирус, вирус иммунодефицита человека, вирус Западного Нила и вирус гепатита.

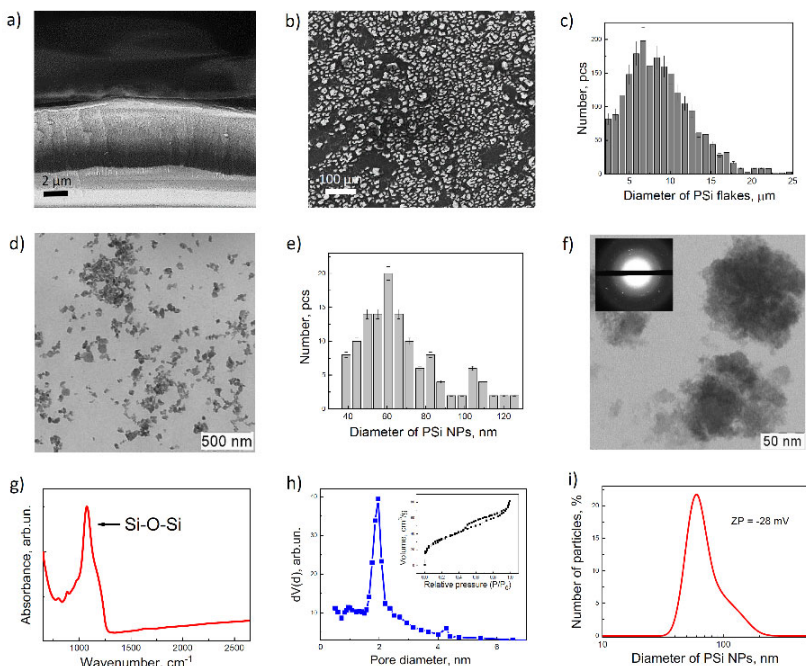


Рис. 2. Структурные свойства пленок и наночастиц пористого кремния

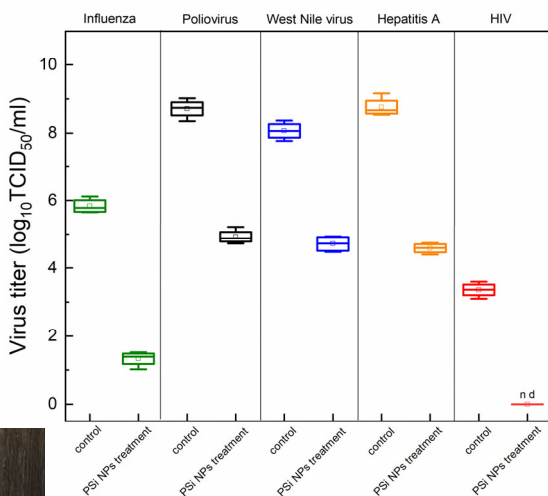
Наночастицы размером 60 нанометров со средним диаметром пор 2 нанометра и удельной поверхностью 200 м²/г были получены измельчением пленок микропористого кремния.

После взаимодействия с наночастицами наблюдается сильное подавление инфекционной активности зараженных вирусами жидкостей, что проявляется в снижении инфекционного титра всех изученных типов



вирусов примерно в 10^4 раз и соответствует инаktivации 99,99 % вирусов *in vitro*. Такая сорбционная способность наночастиц возможна благодаря их микропористой структуре и огромной удельной поверхности, которая обеспечивает эффективный захват вирионов. Это также подтверждается проведенным ИФА-анализом, измерениями динамического светорассеяния и полученными изображениями просвечивающей электронной микроскопии. Агломераты наночастиц и вирусов, образующиеся после их контакта, легко удаляются из растворов до инфицирования клеток-хозяев.

Рис. 3. Вурилицидный эффект наночастиц пористого кремния против вируса гриппа А, полиовируса, вируса Западного Нила, вируса гепатита А и вируса иммунодефицита человека (ВИЧ), который выражается в снижении титра вируса после взаимодействия с наночастицами по сравнению с контролем



Обнаруженная универсальная адсорбционная активность наночастиц пористого кремния против различных патогенных вирусов может быть использована при разработке сенсоров и средств первой помощи в случае непредвиденных вирусных эпидемий или пандемий.

Любовь Осминкина, руководитель гранта РНФ, зав. лабораторией физических методов биосенсорики и нанотераностики кафедры медицинской физики физического факультета МГУ



МЕЗОСКОПИЧЕСКОЕ НЕСООТВЕТСТВИЕ — НОВЫЙ ВЗГЛЯД НА ЭПИТАКСИЮ НАНОСТРУКТУР

Сегодня, после более чем ста лет активных исследований на предмет напряжений и деформаций на поверхностях, идея о том, что последние играют решающую роль в определении динамики морфологии и роста, как поверхности, так и находящихся на них наноструктур, кажется почти тривиальной. Например, пониженная координация поверхностных атомов, которая может приводить к сокращению межатомных расстояний и реконструкции поверхности, проявляется в ещё более явном виде для наноструктур на поверхности, вызывая в них и в подложке сложные и высокоанизотропные поля деформаций.

В настоящее время под обобщающим названием “*мезоскопическое несоответствие*” (mesoscopic misfit) принято понимать деформации поверхности и наноструктур на них, вызванные многочисленными эффектами, связанными с конечными размерами системы или принципиальным несовпадением параметров решётки составляющих её материалов[1]. В опубликованной нами статье проведена попытка объединить результаты и внести некоторый порядок в современное понимание того, как и когда возникает *мезоскопическое несоответствие* в наноструктурах на металлических поверхностях и какое оно оказывает воздействие на морфологию, рост, электронные и магнитные свойства системы. С развитием концепции *мезоскопического несоответствия* сегодня стало очевидным его влияние в масштабах длины от сотен нанометров до нескольких ангстрем. Этот диапазон мы будем иметь ввиду, говоря “мезоскопический”, хотя для большей части обсуждаемых эффектов он может быть сужен до пределов от единиц до десятков нанометров.

Несмотря на то, что наше современное понимание возможных источников теории *мезоскопического несоответствия* пока нельзя считать полным, сама идея о том, что напряжения и деформации поверхности играют фундаментальную роль в определении свойств последней, была высказана более века назад в работах Гиббса. В начале 20-го века, в период интенсивного развития кристаллографии, когда впервые один кристаллический материал был выращен на поверхности другого (процесс, для которого термин “эпитаксия” был введён Руаиё), напряжение на границе раздела кристаллических материалов обычно рассматривалось как результат только “*естественного несоответствия*” (на основе различия постоянных кристаллической решётки двух материалов). Понимание того, что напряжение является мерой избыточности, которую поверхность будет стремиться устранить, чтобы минимизировать свою энергию, потребовало хорошей предсказательной теории, способной достаточно точно



учесть влияние напряжения и деформаций на величину поверхностной энергии. На основании определений напряжения и деформации, данных Гиббсом, Шаттлюортом, Херрингом и др., было разработано их последовательное теоретическое описание для поверхностей, показывающее, что, среди прочего, они могут быть сильно анизотропными и неоднородными.

В конце 1920-х Леннард-Джонс и Дент выдвинули три замечательных утверждения: (I) физика атомных масштабов может привести к равновесному сокращению длин связей на поверхности кристалла; (II) нормальная к поверхности кристалла составляющая результирующего напряжения приводит к сокращению межслоевых расстояний вблизи поверхности; (III) несоответствие между равновесными длинами связи на поверхности и в объёме кристалла приводит к тому, что поверхность подвергается растягивающему напряжению. Эти три утверждения оказались исключительно оригинальными для того времени и стали, вероятно, одной из первых попыток атомистического описания поверхностных напряжений и деформаций. Основопологающей стала работа Полинга, в которой на основе квантовомеханических соображений был установлен набор более общих правил, относящихся к связям посредством электронных пар, в частности, касающихся прочности связей в зависимости от природы одноэлектронных собственных функций. Одно общее утверждение, которое следует из этих правил и будет для нас особенно важным, может быть выражено в следующей простой формулировке — чем меньше связей у атома, тем сильнее каждая из них.

В 1950-е годы, когда эксперименты по дифракции электронов с высоким разрешением доказали, что, вне всякого сомнения, сжатие решётки в мелких металлических кристаллах действительно происходит и, более того, зависит от их размера, теоретическое предсказание, выдвинутое Леннардом-Джонсом, Дентом и Полингом, стало преобладающим объяснением такого рода экспериментальных наблюдений. Достоверное экспериментальное определение сжатия решётки также позволило получать значения поверхностного напряжения для различных материалов.

Благодаря появлению в 1990-е годы локальных зондовых методов (таких как сканирующая туннельная микроскопия — STM), позволяющих исследовать свойства поверхности в реальном атомном масштабе, стало ясно, что как возникновение *мезоскопического несоответствия*, так и возможные его последствия были ещё далеко не полностью оценены. Было замечено, что даже атомы лёгких элементов при адсорбции на поверхность могут вызывать сложные сдвиги окружающих поверхностных атомов. Данный результат намекал на то, что свойства связи на атомном уровне играют ключевую роль в определении локальных сил и, следовательно, морфологии системы. Так STM-измерения продемон-



стрировали, что конкуренция между поверхностными и объёмными напряжениями (так называемые *деформационные релаксации*) может привести к росту разветвлённых островков на начальной стадии эпитаксии меди на поверхности Ni(001) или к эффекту формирования островков правильной формы при высокой температуре.

Важнейшие идеи пришли также из теоретических работ. Концепция *мезоскопического несоответствия* строилась и разрабатывалась для устранения недостатков континуальной теории упругости, которая долгое время была фактически основной в описании искажений границ раздела. В классической континуальной теории снятие напряжений описывается на основе “макроскопического” или *естественного несоответствия* решёток $m_0 = (a_{ads} - a_s)/a_{ads}$, где a_{ads} и a_s — равновесные длины связи материалов адсорбата и поверхности; соответственно, если $m_0 > 0$ ($m_0 < 0$), *несоответствие* приводит к сжатию (растяжению) адсорбированной структуры. Однако, если адсорбированная система имеет “мезоскопические” размеры (в несколько сотен атомов или меньше), действительные длины связей в ней сильно отличаются от длин связей в объёмах соответствующих кристаллов. Неоднородная в пространстве зависимость длин межатомных связей от масштаба атомных длин приводит к *мезоскопическому несоответствию*, которое возникает в структурах конечных размеров, варьируется в субнанометровом масштабе (в зависимости не только от *естественного несоответствия*, но и от локального окружения конкретных атомов) и часто приводит к сложным трёхмерным полям деформаций как в адсорбированной структуре, так и в подложке [1]. Даже при гетероэпитаксии, которая считалась хорошо изученной в рамках континуальной теории упругости, некоторые эффекты невозможно было понять без рассмотрения *несоответствия* как существенно локального, мезоскопического свойства системы. Например, если растягивающее напряжение можно ожидать в рамках *естественного несоответствия* в таких системах как Fe, Co, Ni и Cu на поверхности W(110) в режиме роста субмонослоя, то по факту сжимающее напряжение было обнаружено экспериментально для таких гетероэпитаксиальных систем. Более неожиданным было наблюдение внутриплоскостных осцилляций параметра решётки, обнаруженных методом дифракции быстрых электронов (RHEED) при эпитаксии кобальта на поверхности Cu(001) в режиме псевдоморфного роста: в растущих монослоях кобальта происходило периодическое “поджатие” для полупроводниковых покрытий поверхности [2]. Поэтому одновременно с экспериментальными измерениями проходили и теоретические изыскания с целью улучшения макроскопического подхода континуальной теории упругости для описания первых стадий эпитаксиального роста. Керн и Мюллер выступили за ис-



пользование так называемого “активного несоответствия” — поправки к *естественному несоответствию*, учитывающей пониженную координацию атомов на краях наноструктуры [3]. Главная идея заключалась в том, что атомы на краях наноструктуры будут стремиться к релаксации своих позиций, чтобы увеличить энергию своих связей путём максимизации числа ближайших соседей.

Основополагающие работы по развитию концепции *мезоскопического несоответствия* появились лишь в начале 2000-х годов. Первые ключевые расчёты были проведены нашей группой на основе разработанной нами уникальной методики, получившей название *квазипервопринципной молекулярной динамики* с применением усовершенствованных многочастичных потенциалов [4,5]. Результаты наших исследований впервые показали, что, во-первых, не только напряжения и деформации в адсорбированной структуре определяют её форму и механизм роста, но и деформация подложки является механизмом снятия напряжений в ней, оказывая, порой, решающее воздействие на процесс эпитаксии и его энергетику. Во-вторых, было показано, что напряжения и деформации сильно зависят от локального окружения (т. е. от формы и размера адсорбированной наноструктуры). Таким образом, наконец, была однозначно установлена первостепенная важность “локального” или “мезоскопического” подхода к *несоответствию*, в противоположность опирающемуся, в духе континуальной теории упругости, на объёмные макроскопические значения *естественного несоответствия*. В-третьих, что не менее важно, *мезоскопическое несоответствие* не должно являться исключительным свойством гетероэпитаксиальных систем, но должно также существовать и в гомоэпитаксиальных системах — утверждение, позднее доказанное экспериментально и обобщившее понятие *мезоскопического несоответствия* для произвольной системы, независимо от её химического состава.

В качестве иллюстративного примера *мезоскопического несоответствия* деформационных релаксаций в эпитаксиальных наноструктурах на рис. 1 показаны смещения атомов в островке Co^{36} и в прилегающем участке подложки вдоль направления $\langle 110 \rangle$ поверхности $\text{Cu}(001)$ [5]. Из рисунка видно, что помимо выраженных внутрислоевых релаксаций в системе видны сильные внеплоскостные смещения. Атомы подложки под островком вдавлены вниз, в то время как по краям островка они приподняты. Среднее относительное смещение (определяемое из анализа длин связей) в слое подложки под кластером в плоскости поверхности отрицательно, то есть атомная структура подложки находится под действием напряжения сжатия.

Описанные релаксационные эффекты были также установлены в структурах Co на Cu(111), убедительно показав общую применимость концепции *мезоскопического несоответствия* к различным структурам, сформированным на ранних стадиях эпитаксии тонких плёнок. Кроме того, на основе проведенных расчетов был впервые предоставлен доступ к локальной (атомного уровня) картине напряжений и деформаций, который даже современные экспериментальные методы не могут пока обеспечить в достаточной степени. Так на рис. 1(d) показано атомарно разрешённое гидростатическое напряжение $P_\sigma = \text{Tr}(\sigma_{\alpha\beta})$ в островках Co^{36} и в поверхностном слое Cu [5]. Как видно из рисунка, атомный слой меди вблизи края островка испытывает сильное растягивающее (положительное) напряжение, в то время как слой подложки под островком испытывает сжимающее (отрицательное) гидростатическое напряжение. Различное растягивающее напряжение наблюдается в центре и на краю кластера, что указывает на необходимость рассматривать *несоответствие* с мезоскопической, а не с макроскопической точки зрения.

Однако более важным оказалось то, что гомоэпитаксиальные структуры также подвержены закономерностям при деформационных релаксациях, которые во многом схожи со случаем гетероэпитаксии [1]. Этот результат бросал вызов общепринятому представлению о согласованности решёток островка и подложки в рамках классического континуально-упругого подхода к гомоэпитаксии, мотивируя необходимость перехода к более полной мезоскопической картине несоответствия.

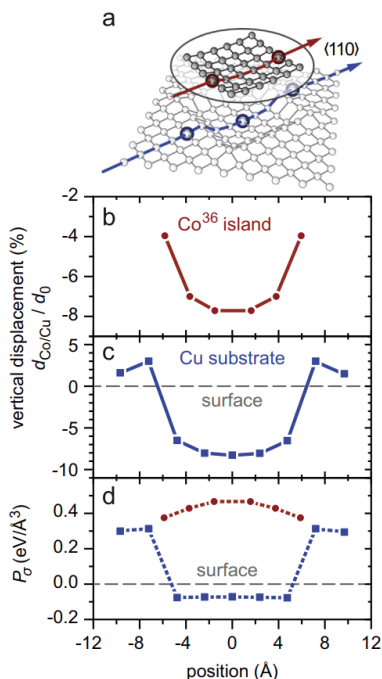


Рис. 1. (a) Эскиз системы (квадратный островок Co^{36} на поверхности $\text{Cu}(001)$) и трёхмерное представление релаксаций. (b) Вертикальное смещение атомов кобальта в островке и (c) атомов меди в верхнем слое подложки вдоль направления (110) . Расстояние между слоями $d_0 = 1,8075 \text{ \AA}$, постоянная решётки меди $a_0 = 3,615 \text{ \AA}$. (d) Гидростатическое напряжение в том же островке и слое подложки [5].

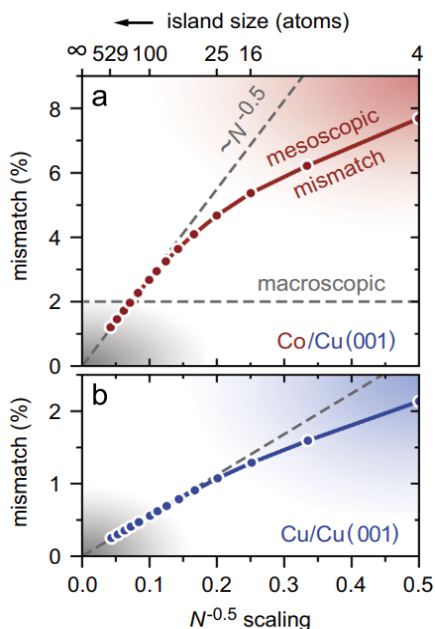


Рис. 2. Эволюция среднего мезоскопического несоответствия $m = (r_b - r_0)/r_0$ для квадратных островков кобальта (а) и меди (б) как функции размера островка N (число атомов, растет справа налево). r_b и r_0 — средние длины связей, соответственно, в островке и в объеме медного кристалла [6].

что полностью противоречит интуитивному представлению о точках зрения континуальной теории упругости. Такое сжатие обусловлено сильным смещением краевых атомов и частично внутренних атомов в результате их релаксации (как видно на рис. 1). С ростом размера островков несоответствие масштабируется в соответствии с долей атомов, принадлежащих их краям, и зависимость становится пропорциональной $N^{-0.5}$ (серые пунктирные линии на рис. 2). Таким образом, мезоскопическое несоответствие не только является сильно зависящим от размеров наноструктуры, но и, как будет показано ниже, само, в свою очередь, влияет на морфологию и динамику роста эпитаксиальной наноструктуры.

В качестве иллюстрации на рис. 2 мы представляем пример расчёта мезоскопического несоответствия в квадратных островках кобальта и меди моноатомной толщины на поверхности Cu(001) в зависимости от их размеров как средней длины связи в таких кластерах учётом полной релаксации системы [6]. Мезоскопическое несоответствие при этом определялось как $m = (r_b - r_0)/r_0$ (r_b и r_0 — средние длины связей, соответственно, в островке и в объёме медного кристалла). Видно, что между небольшими островками кобальта и медной подложкой (гетероэпитаксиальная система) оно заметно больше, чем макроскопическое $m_0 = (a_{Cu} - a_{Co})/a_{Cu} \approx 0,02$ (где a_{Cu} и a_{Co} — характерные размеры длин связей в кристаллах меди и кобальта), и отлично от нуля для медных островков (гомоэпитаксиальная система). Это связано с тем, что средняя длина связи в островках меньше, чем в объёме ГЦК-кристалла меди,

Попытка прямого наблюдения динамики роста адатомов на поверхности островков была впервые предпринята в экспериментах полевой ионной микроскопии (FIM) Эрлихоми Гольцхаузером [7]. Эти эксперименты продемонстрировали, что движение адатомов на вершинах островков отличается от их движения по ровной поверхности. При диффузии иридия на поверхности Ir(111) и платины на поверхности Pt(111) была обнаружена “оголённая” зона, разделяющая центральную область и край кластера (рис. 3). Эта “загадка” впоследствии была разгадана нами с помощью уникальной методики расчетов на атомном уровне, которые показали, что эффект пустых зон является следствием тонкого баланса между деформационными релаксациями в системе и уменьшением координационного числа на краях кластеров с образованием невыгодной зоны адсорбции, разделяющей центральную и краевую части островков [1]. В результате отдельным атомам приходится преодолевать энергетический барьер, чтобы пересечь пустую зону и достигнуть края кластера.

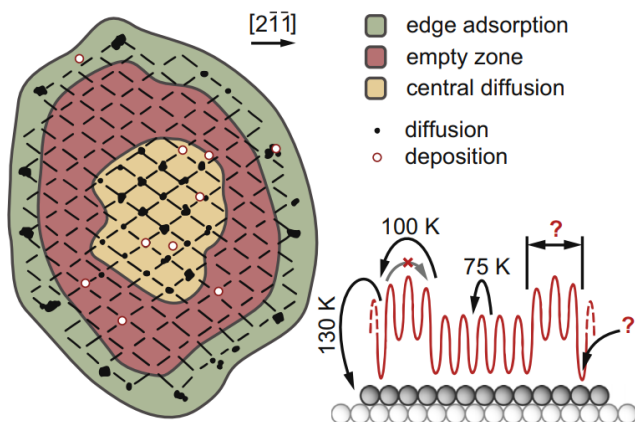


Рис. 3. Отображение позиций, занимаемых атомами Pt на кластере Pt(111) из ~145 атомов. Закрашенными метками отмечены положения атомов после диффузии. Пустые метки обозначают атомы после осаждения при ~20 K. Только один атом находится на кластере в каждый определённый момент при отображении. “Оголённую” зону, отделяющую центральную область от края кластера, могут заселять атомы при осаждении. Схема в правой нижней части демонстрирует адсорбционный потенциал на поверхности островка и температуру, при которой задействуются определённые процессы транспорта [7].

Более детальное исследование влияния напряжений на подвижность отдельных атомов по поверхности деформированных Co-островков на Si(001) показало, что на данное движение сильное влияние оказывают

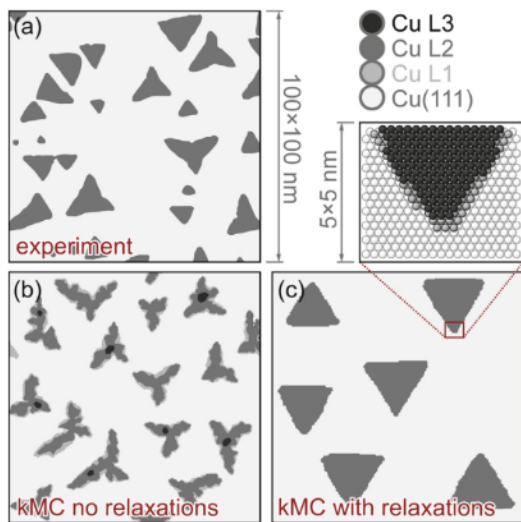


Рис. 4. Поверхность $\text{Cu}(111)$ с осаждённым в 0,4 монослоя при 290 К кобальтом: экспериментальная STM-карта (a) и результат kMC-моделирования без деформационных релаксаций (b) и с правильным их учётом (c) [1].

делает движение адсорбированных атомов более свободным. Важным следствием таких изменений может быть прямое воздействие на эпитаксиальный рост. Так, впервые объединив кинетический метод Монте-Карло (kMC) и молекулярно-статическое моделирование в атомном масштабе, нам удалось обнаружить формирование треугольных двухслойных островков кобальта на поверхности $\text{Cu}(111)$ при комнатной температуре, сравнив полученные нами результаты с экспериментальными наблюдениями [1]. Согласно последним, при 290 К кобальт, осаждённый в 0,4 монослоя на поверхность $\text{Cu}(111)$, образует вполне разделённые треугольные островки правильной формы (рис. 4a). Принимая во внимание все соответствующие процессы атомного уровня, но пренебрегая мезоскопическими релаксациями в системе, kMC-моделирование предсказывает совершенно иную, дендритную структуру островка (рис. 4b), характерную для гораздо более низких температур в эксперименте. Однако, как только в модель вводятся мезоскопические эффекты (рис. 4c), образующиеся формы островков почти идеально соответствуют экспериментальным.

только деформационные релаксации на мезоскопическом уровне, но и размер самих островков [6]. Барьеры прыжковой диффузии атомов кобальта на поверхностях небольших Co-островков (16–50 атомов) оказались на ~20% ниже, чем на более крупных островках (100–500 атомов). Мезоскопическое сокращение связей, зависящее от размеров островков, явилось главной причиной изменения диффузионных барьеров на их поверхностях. Более плотная упаковка последних уменьшает “волнистость” энергетического рельефа, что

В последнее десятилетие многочисленные теоретические и экспериментальные исследования были направлены на то, чтобы в деталях понять и увидеть, как именно возникает *мезоскопическое несоответствие*. На сегодняшний день можно отметить лишь несколько наиболее важных прямых экспериментальных подтверждений *мезоскопического несоответствия*, которые были достигнуты с развитием в последние годы экспериментально-технической базы. *Первое* из них основано на комбинации метода дифракции рентгеновских лучей на поверхности (SXRD) и STM-измерений [8]. STM-изображение поверхностной атомной структуры, образованной 0,5 монослоя железа на $\text{O/Fe(001)-p(1\times1)}$, в режиме постоянного тока на рис. 5 даёт доказательство того, что размерный эффект играет главную роль в модификации геометрии адсорбции кислорода в этой системе. На большом островке железа диаметром 4 нм видны две области: (i) со структурой окружающей его террасы — во внутренней части и (ii) с повышенным контрастом и потерей атомарного разрешения — на “краю” островка (шириной ≈ 1 нм), соответствующая наблюдаемому возвышению на $0,75 \text{ \AA}$ над внутренней частью островка. Высотный профиль вдоль линии показывает, что малый островок и краевая структура большого островка железа имеют одинаковую видимую высоту $\approx 2 \text{ \AA}$ относительно уровня террасы.

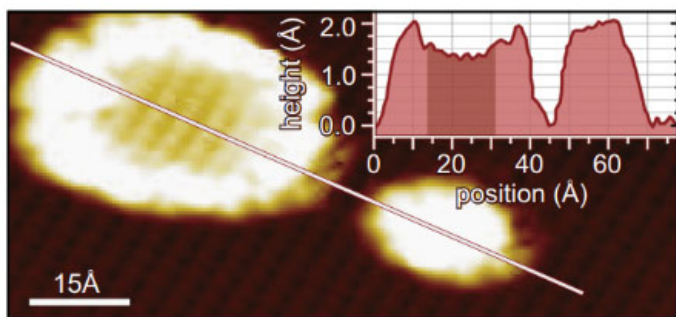


Рис. 5. STM-изображение в режиме постоянного тока ($8,0 \times 3,6 \text{ нм}^2$, напряжение смещения $-0,2 \text{ В}$, $I = 100 \text{ нА}$) двух Fe-островков ($\varnothing \approx 20$ и $35 \text{ \AA}$) [8]. На вклейке показан видимый высотный профиль вдоль линии.

В рамках *второго подхода* для подтверждения существования мезоскопических релаксаций были проведены исследования поверхности Cu(001) при малом покрытии кобальтом (< 1 монослоя) методом EXAFS (протяжённой тонкой структуры рентгеновского спектра поглощения) [9]. В результате экспериментального анализа и теоретического расчёта преобразования Фурье интерференционной функции спектров EXAFS

были получены два замечательных результата: во-первых, однозначное свидетельство сокращения межатомных Co–Co расстояний с $R_{Co} = 2,51 \text{ \AA}$ в объеме до $R_{Co} = 2,45 \pm 0,02 \text{ \AA}$ в островке кобальта. Во-вторых, эффективное (среднее) координационное число атомов кобальта в островке уменьшено с $\overline{N}_{Co} = 6,0$ (для бесконечно большого островка) до $\overline{N}_{Co} = 3,2$. Эти результаты соответствуют нашим теоретическим предсказаниям и могут рассматриваться как прямое доказательство существования структурных релаксаций, вызванных мезоскопическим несоответствием.

Подводя итоги, можно сказать, что мезоскопическое несоответствие оказывает сильное воздействие на структуру поверхности, а также влияет на динамику роста и морфологию эпитаксиальных структур на ней. На протяжении последних лет предметом подробного исследования были различные способы, которыми несоответствие может оказывать такое влияние. Сокращение длин связей, внутри- и внеплоскостные релаксации на краях, преобразование формы в зависимости от размера структуры – вот лишь некоторые из них. Во всех этих проявлениях можно проследить влияние несоответствия в истинно атомном масштабе на такие элементарные процессы, как атомная адсорбция и диффузия. Однако, они не являются единственными индикаторами влияния мезоскопического несоответствия на свойства эпитаксиальных наноструктур. В настоящее время установлено, что деформационные релаксации в равной мере оказывают влияние на электронные и магнитные свойства, что проявляется в таких свойствах наноструктур, как локальные магнитные моменты, магнитная анизотропия и электронная структура [10].

В заключение хотелось бы отметить, что важнейшее преимущество теоретического подхода к исследованию проблемы мезоскопического несоответствия состоит в том, что большинство экспериментальных методов способны обнаружить лишь последствия этого несоответствия, в то время как теоретические методы на основе первопринципных и полужемпирических расчётов способны дать локальную, разрешённую на атомном уровне картину геометрических, электронных и магнитных свойств системы, оставляя мало места для ошибок и неверных интерпретаций.

- [1] O.O. Brovko, D.I. Bazhanov, H.L. Meyerheim, D. Sander, V.S. Stepanyuk, J. Kirschner, *Surf. Sci. Rep.* 69, 159 (2014).
- [2] D. Sander, R. Skomski, C. Schmidthal, A. Enders, J. Kirschner, *Phys. Rev. Lett.* 77 (12), 2566 (1996); J. Fassbender, U. May, B. Schirmer, R. Jungblut, B. Hillebrands, G. Güntherodt, *Phys. Rev. Lett.* 75 (24), 4476 (1995).
- [3] R. Kern, P. Müller, *Surf. Sci.* 392 (1–3), 103 (1997).
- [4] N. Levanov, V. Stepanyuk, W. Hergert, D. Bazhanov, P. Dederichs, A. Katsnelson, C. Massobrio, *Phys. Rev. B* 61 (3), 2230 (2000).



- [5] V.S. Stepanyuk, D.I. Bazhanov, A.N. Baranov, W. Hergert, P. Dederichs, J. Kirschner, *Phys. Rev. B* 62 (23), 15398 (2000).
- [6] V. Stepanyuk, D. Bazhanov, W. Hergert, J. Kirschner, *Phys. Rev. B* 63 (15), 153406 (2001).
- [7] A. Götzhäuser, G. Ehrlich, *Phys. Rev. Lett.* 77 (7), 1334 (1996).
- [8] W. Feng, H.L. Meyerheim, K. Mohseni, O.O. Brovko, V.S. Stepanyuk, N. Jedrecy, R. Felici, J. Kirschner, *Phys. Rev. Lett.* 110 (23), 235503 (2013).
- [9] H.L. Meyerheim, E. Crozier, R. Gordon, Q. Xiao, K. Mohseni, N.N. Negulyaev, V.S. Stepanyuk, J. Kirschner, *Phys. Rev. B* 85 (12), 125405 (2012).
- [10] D. Sander, S.-H. Phark, M. Corbetta, J. Fischer, H. Oka, J. Kirschner, *J. Phys.: Condens. Matter* 26, 394008 (2014).



Бажанов Д.И.,
кафедра физики твердого тела

ГРУППА ПЛАЗМЕННЫХ И ИОННО-ПУЧКОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

В настоящее время на кафедре физической электроники ведутся активные работы по созданию новых источников плазмы, разработке новых и усовершенствованию известных плазменных и ионно-пучковых технологий. Основным направлением фундаментальных работ группы плазменных и ионно-пучковых технологий является продолжение исследований физики ВЧ-разряда, начатых А.А. Кузовниковым, В.П. Савиновым, А.Ф. Александровым и А.А. Рухадзе. К настоящему времени центр тяжести фундаментальных работ по ВЧ-разряду на кафедре сместился к изучению поведения разряда при наличии внешнего магнитного поля. Известно, что вихревые ВЧ-поля скинируются в плазме и нагревают электроны только в пределах скин-слоя. Наложение на разряд внешнего магнитного поля определенной величины приводит к проникновению ВЧ-



полей вглубь плазмы, возбуждению волн и эффективному нагреву электронов во всем объеме.

Спектры волн, возбуждаемых в безграничной плазме при наличии магнитного поля, были ранее исследованы А.А. Рухазде и А.Ф. Александровым. Особенностью лабораторных источников плазмы, в том числе используемых в промышленности, является ограниченность их объема. Ограниченность приводит к изменению структуры возбуждаемых ВЧ-полей. Источники плазмы становятся резонаторами, в которых эффективность поглощения ВЧ-мощности существенно зависит не только от индукции магнитного поля, концентрации электронов и их частоты столкновений с тяжелыми частицами, но и от геометрических размеров самих источников.

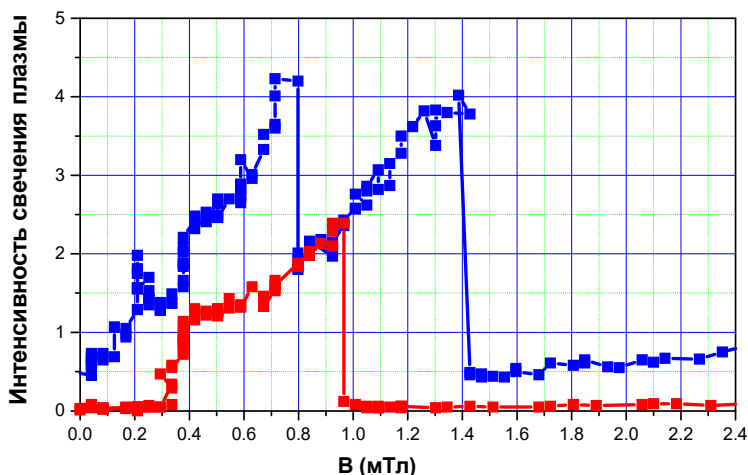


Рис. 1. Зависимость интенсивности свечения плазмы от индукции внешнего магнитного поля. $P_{gen} = 50\text{Вт}$ — красная кривая и $P_{gen} = 300\text{Вт}$ — синяя кривая

Еще одной особенностью ВЧ-разряда является тот факт, что не вся мощность ВЧ-генератора, отдаваемая во внешнюю цепь, вкладывается в плазму, часть мощности теряется во внешней цепи разряда. При этом возникает интересная ситуация: доля мощности, поступающая в разряд, зависит от внешних (индукции внешнего магнитного поля и др.) и внутренних (концентрации электронов и др.) параметров разряда, в свою очередь внутренние параметры разряда, в частности, концентрация электро-



нов в значительной степени определяются вложенной мощностью. Таким образом, при изменении величины магнитного поля происходит самосогласованное изменение параметров плазмы (см. рис. 1). Нахождение областей внешних параметров разряда, при которых достигаются максимальные значения концентрации электронов при заданной мощности генератора, имеют не только фундаментальное, но и большое прикладное значение, как при реализации космических, так и земных технологий.

Начиная с 60-х годов XX века, в промышленно развитых странах начались разработки электроракетных двигателей (ЭРД). Они предназначены для коррекции орбит, маневрирования космических аппаратов в космосе. Конструкция ЭРД включает в свой состав газоразрядную камеру, где генерируется плотная плазма. Полученные в плазме ионы затем ускоряются, как правило, с использованием или электростатических систем ускорения, или электрических полей, возникающих в плазме в области скрещенных электрических и магнитных полей. Поток ускоренных ионов создают тягу с типичными значениями от единиц до сотен мН.

Важными характеристиками работы ЭРД являются количество затраченной энергии на получение 1 мН, а также так называемая газовая экономичность, равная отношению потока ускоренных ионов, истекающего из ЭРД, к потоку атомов рабочего тела, поступающих в ЭРД. Очевидно, что конкурентноспособными являются ЭРД, позволяющие получить заданную тягу при минимальных энергозатрах и максимальной газовой экономичности. Фундаментальные работы, выполненные на кафедре физической электроники, позволили найти оптимальные режимы и разработать оригинальный прототип ВЧ индуктивного ионного двигателя с внешним магнитным полем. Характеристики двигателя не уступают мировым аналогам.

Разработанный прототип ионного двигателя работает на ксеноне – тяжелом инертном газе с большим сечением ионизации. В настоящее время в связи с развитием телекоммуникационных систем появилась потребность в разработке двигателей для космических аппаратов, работающих на низких (до 500 км) орбитах, где присутствует достаточно большое количество азота и кислорода. В связи с этим актуальной стала разработка двигателей, работающих на воздухе. Наиболее перспективными для этой цели устройствами являются ВЧ ЭРД, т.к. они не требуют использования катодов, время жизни которых в присутствии воздуха сильно ограничено. В настоящее время на кафедре физической электроники ведутся поисковые работы по нахождению оптимальных режимов прототипов ВЧ ионного, ВЧ Холловского и «геликонного» двигателей при использовании воздуха в качестве рабочего тела.



Рис. 2. Полупромышленная установка для напыления тонких пленок с ионным стимулированием

Фундаментальные исследования ВЧ-разряда, выполненные на кафедре физической электроники, применяются и для разработки новых и усовершенствования существующих наземных технологий. В частности, прототип ВЧ ионного двигателя использован для создания источника ускоренных ионов инертных и химически активных газов для поверхностной модификации материалов, распыления материалов в технологии

получения тонких пленок.

Источник плазмы на основе ВЧ индуктивного разряда с внешним магнитным полем использован для ассистирования процессам напыления пленок. На основе разработок кафедры совместно с НИИ точного машиностроения (г. Зеленоград) была создана полупромышленная установка (см. рис. 2).



Малогобаритный «геликонный» источник плазмы, позволяющий получать поток ускоренных ионов с энергией 50–70 эВ, использован для придания гидрофильных и усиления сорбционных свойств углеродной ткани, разработанной в НИИГРАФИТ. Ткань используется в медицинских целях для лечения ран и ожогов.

На основе емкостного ВЧ-разряда в толуоле разрабатывается технология получения толстых алмазоподобных пленок по заданию ОАО «ТРЭМ ИНЖИНИРИНГ».

Кралькина Е.А., д. ф.-м.н., в.н.с.

ПЕРСПЕКТИВНЫЕ СХЕМЫ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ РАКЕТНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ НА ОСНОВЕ ВЫСОКОЧАСТОТНОГО РАЗРЯДА

Широкий спектр миссий современных космических аппаратов (КА) требует наличия на их борту двигателя, способного создавать реактивную струю с высоким удельным импульсом – величиной, характеризующей скорость истечения частиц в реактивной струе. Для космических аппаратов на орбите Земли оптимальные значения скорости истечения лежат в приблизительном диапазоне от 10 до 30 км/с. Максимальная скорость истечения, получаемая при помощи химических ракетных двигателей, основанных на окислении топливной смеси, не превышает 5 км/с. По этой причине основными двигателями, используемыми на КА, являются электрические ракетные двигатели (ЭРД), где высокие скорости истечения достигаются ионизацией рабочего газа и последующим ускорением ионов электромагнитным полем.

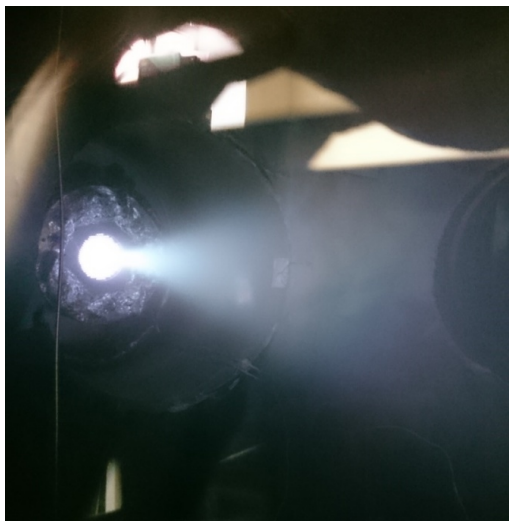


Рис. 1. ВЧ ионный двигатель с диаметром газоразрядной камеры 5 см во время работы. Светлые пятна — блики на стекле смотрового окна вакуумной камеры

На сегодняшний день практически все используемые в космических миссиях ЭРД представлены двумя типами: сеточными ионными двигателями (ИД) и стационарными плазменными двигателями (СПД). Первые



основаны на ионизации рабочего газа в газоразрядной камере и последующем ускорении ионов посредством системы перфорированных электродов, находящихся под постоянным напряжением. Вид малого ИД во время работы приведён на рис. 1. Вторые используют скрещенные поля — продольное электрическое и радиальное магнитное — в тороидальном разрядном канале для организации замкнутого азимутального дрейфа электронов и создания постоянного электрического поля внутри самой плазмы, которое, в свою очередь, производит требуемое ускорение ионов. Обе технологии прошли длительный путь развития с момента первых орбитальных испытаний в 1970-х, а устройства на основе этих технологий были доведены до высокой степени технического совершенства.

В последнюю декаду развитие космической отрасли шло нарастающими темпами, однако особо быстро развивалось направление малых космических аппаратов (50 кг и менее) на низких околоземных орбитах высотой 500 км над уровнем моря и меньше. Популярность подобных малых спутников кроется в их коммерческой привлекательности, а также в преимуществах низких орбит для ряда задач, таких как телекоммуникация, геолокация, наблюдение за поверхностью Земли, сбор геодезических данных (например, возмущений гравитационного поля) и т.п. Для проведения манёвров в рамках типичных задач ориентирования и коррекции орбиты, а также для компенсации торможения КА верхними слоями атмосферы двигатель является обязательным компонентом. Таким образом, развитие области малых низкоорбитальных КА поставило перед разработчиками ЭРД ряд новых задач, а именно: миниатюризация, масштабирование в сторону малых мощностей, возможность стабильной и эффективной работы двигателя в условиях присутствия газов верхних слоёв атмосферы, возможность захвата и использования этих газов в качестве рабочего тела. В силу химической активности газов верхних слоёв атмосферы использование стандартных эмитирующих катодов (например, на основе гексаборида лантана) становится невозможным, что существенно снижает привлекательность устройств на основе разряда постоянного тока. СВЧ-устройства для эффективной ионизации рабочего газа требуют высоких значений магнитного поля для реализации электронно-циклотронного резонанса и эффективной ионизации рабочего тела, что также является проблемой. По этой причине очевидным решением является создание маломощных ВЧ ИД. Масштабирование ЭРД в сторону малых мощностей сопряжено с существенными потерями в параметрах эффективности, что заставляет научные коллективы, занимающиеся этой тематикой, искать новые способы организации рабочего процесса в ЭРД.

На кафедре физической электроники ведутся работы по исследованию физических процессов, происходящих в малых ВЧ ИД. Предложена схема повышения вложения ВЧ- мощности в разрядную плазму посредством создания в газоразрядной камере продольного магнитного поля с величиной, соответствующей условиям возбуждения косых Ленгмюровских и геликонных волн. Это позволяет увеличить извлекаемый из плазмы ионный ток при фиксированной мощности, подводимой к разряду, что иллюстрирует рис. 2. Также рассматривается возможность использования импульсного режима работы ВЧ ИД таким образом, чтобы разрядная плазма значительную часть времени пребывала в процессе деионизации, который характеризуется малыми температурами электронов и, соответственно, малыми тепловыми потерями за счёт выноса заряженных частиц на стенки газоразрядной камеры.

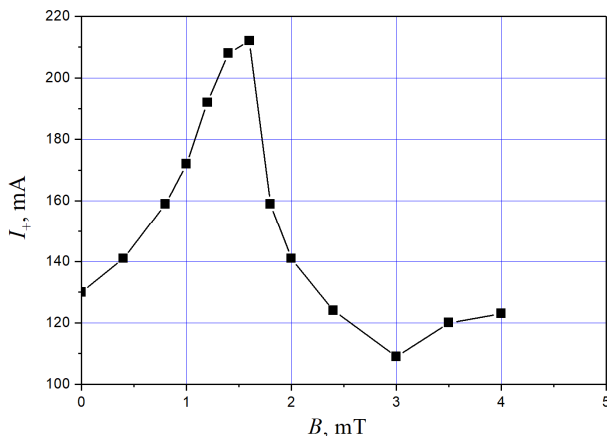


Рис. 2. Зависимость ионного тока I_+ , создаваемого ВЧ ИД, от величины магнитного поля B при фиксированной ВЧ-мощности источника питания и расходе рабочего газа

Альтернативной перспективной схемой двигателя для малых КА является маломощный геликонный двигатель, основанный на индуктивном ВЧ-разряде в цилиндрической камере с продольным магнитным полем. В отличие от ИД и СПД, которые создают ускоренный ионный пучок, требующий нейтрализации электронами при помощи стороннего катодокompенсатора, геликонный двигатель позволяет получить сразу скомпенсированный поток заряженных частиц. Физические процессы, приводящие к ускорению электронов и ионов, активно исследуются и всё ещё не до конца ясны. Помимо скомпенсированного потока сильной чертой по-



добного устройства является отсутствие каких-либо металлических поверхностей, контактирующих с плазмой, что открывает возможность работы на химически активных газах. Существенным недостатком этой схемы является низкая энергия истекающих ионов по сравнению с устойчивыми схемами ВЧ ИД и СПД (50-70 эВ по сравнению с 500-1500 эВ). Естественно, основные направления проводящихся на кафедре физической электроники исследований по этой тематике направлены на поиск возможностей наращивания энергии ионов при сохранении преимуществ разрядной схемы. Впрочем, низкие энергии ионов отлично подходят для использования подобного двигателя как источника ионов для ассистирования при нанесении тонких плёнок (рис. 3).

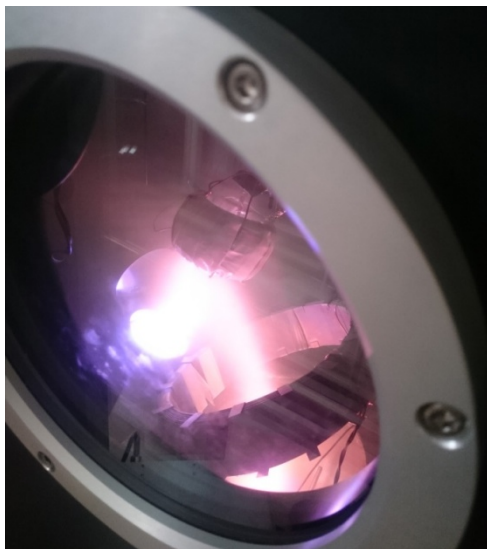


Рис. 3. Совместная работа магнетрона (слева) с геликоновым источником (справа, видна лишь спазменная струя) в процессе нанесения тонкой плёнки с ионным ассистированием. Поток плазмы, создаваемый геликоновым источником, изгибается при помощи электромагнитов для направления на запыляемый образец

СПД обычно не рассматривается как кандидат на роль двигателя для малых низкоорбитальных КА, так как плохо масштабируется в сторону малых мощностей и требует эффективный эмитирующий катод, что вызывает проблемы при наличии остаточных газов верхних слоёв атмосферы. При этом используемая в СПД схема ускорения ионов без сложной и



дорогой системы перфорированных электродов — ускорения прямо в толще плазмы, является чрезвычайно эффективной и интересной. По этой причине нашим научным коллективом проводятся работы по созданию двигателя с геометрией СПД на основе емкостного ВЧ-разряда. В подобном разряде существует принципиальная возможность создания плазмы, имеющей высокий средний за период ВЧ-колебаний потенциал относительно заземлённого электрода. Ионы, покидая такую плазму, будут приобретать энергию, соответствующую этому потенциалу. Вдобавок емкостной ВЧ-разряд способен замыкаться токами смещения, что позволяет вынести электроды за пределы разрядного канала и получить скомпенсированный электронами поток ионов на выходе из двигателя. Однако практическая реализация такого устройства сопряжена с серьёзными техническими трудностями и тесно связана с необходимостью изучения достаточно сложного разряда — емкостного ВЧ-разряда во внешнем радиальном магнитном поле.



Инженер Задириев И.И.,

кафедра физической электроники

Примечание Главного редактора: *Задириев И.И. — один из победителей молодежных конкурсов 2021 года Президентской программы.*

ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИЙ АСПЕКТ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ

В последние три десятилетия большое внимание уделяется проблеме устойчивого развития человечества [1], имеющей много различных аспектов. Один из них — физический, а точнее термодинамический, связанный с устойчивостью систем, находящихся в состоянии «вдали от равновесия»¹.

¹ Все живые организмы, их сообщества, биогеоценозы и биосфера в целом находятся в состоянии «вдали от равновесия».



Как известно, устойчивость — это свойство систем изменяться под действием внешних возмущений или внутренних процессов таким образом, чтобы отклонения от исходного состояния были минимальны. После прекращения действия возмущающих факторов устойчивые системы восстанавливают исходное состояние. Устойчивость имеет пределы, которые определяются внутренним устройством систем, т.е. формой структурно-функциональной организации составных элементов и процессов взаимодействия между ними.

Проблему устойчивости биосферы можно рассматривать с двух точек зрения: кинетической и термодинамической. В обоих случаях априори допускается устойчивость естественного состояния биосферы, но единственным косвенным свидетельством верности этого положения служит сам факт ее существования в течение, по крайней мере, трех миллиардов лет. Несмотря на то, что в настоящее время получены многочисленные доказательства химической эволюции биосферы, допускается, что она находится в стационарном состоянии. Можно также предположить, что эволюция шла по квазистационарной траектории развития, соответствующей небольшой скорости химических изменений. В силу этого, вопрос о геохимической устойчивости биосферы можно свести к выяснению условий, при которых действие внешних или внутренних возмущающих факторов не ведет к существенным изменениям ее химической структуры.

Постоянство химического состава биосферы в целом и отдельных ее частей достигается в двух случаях: при статическом (термодинамическом) равновесии, характеризующемся отсутствием каких-либо макроскопических процессов внутри системы, и при динамическом равновесии, когда в каждой точке (объекте) биосферы входящие и выходящие потоки любого химического вещества равны друг другу. Поскольку явления жизни несовместимы с состоянием статического равновесия, первый случай неприемлем и остается только один путь экологической стабилизации биосферы, заключающийся в сохранении существующего динамического равновесия. Это утверждение составляет содержание *первого постулата устойчивого развития*, согласно которому хозяйственная деятельность не должна существенно нарушать сбалансированность миграционных потоков вещества, присущую современной биосфере. Данная формулировка допускает незначительное нарушение сбалансированности потоков и не утверждает необходимость точного соблюдения баланса. Последнее условие имеет принципиальное значение по следующей причине.

Полная и перманентная сбалансированность потоков вещества и энергии для биосферы означает запрет на эволюцию и невозможность адаптации к изменениям внешних условий, которые происходили на про-



тяжении всей геологической истории и которые, несомненно, будут осуществляться и в будущем. Находясь в устойчивом стационарном состоянии, динамическая система способна эволюционировать, изменяя свою структурно-функциональную организацию в результате адаптации к действию внешних сил или каких-либо внутренних процессов. Если происходящие при этом изменения состояния системы не выходят за пределы ее устойчивости, то эволюция идет по устойчивой квазистационарной траектории развития, при которой кризисные явления либо не реализуются вообще, либо выражены слабо.

Сбалансированность потоков вещества и энергии достигается как при устойчивом, так и при неустойчивом стационарном состоянии динамической системы. Очевидно, что при неустойчивом стационарном состоянии квазистационарный ход эволюционного развития невозможен, поскольку даже малые возмущения могут вывести систему из состояния динамического равновесия и спровоцировать быстрый переход к новой форме структурно-функциональной организации, т.е. вызвать кризисные явления.

Другое важное замечание в отношении первого постулата устойчивого развития заключается в том, что условие устойчивого стационарного состояния должно выполняться для всей биосферы. Мнение о том, что биота может полностью контролировать (регулировать) состояние окружающей среды, не соответствует действительности. Это следует хотя бы из того известного факта, что пространственные взаимоотношения материков и океанов, горных хребтов и равнин и другие явления, имеющие своей причиной процессы, происходящие в глубинах Земли, оказывают самое непосредственное влияние на климат планеты, который в этой части биоте не подвластен. Устойчивое стационарное состояние биоты не может считаться достаточным условием для сохранения экологических параметров биосферы в диапазоне значений, свойственных естественной биосфере.

Сохранение существующей сбалансированности миграционных потоков не предполагает полной неизменности абсолютных величин динамических параметров биосферы. Условие сбалансированности потоков веществ (J)

$$\Sigma J_i = 0 \quad (1)$$

может выполняться при множестве различных абсолютных величин каждого из потоков в отдельности. Необходимо только, чтобы для каждого из резервуаров мощности входящих и выходящих потоков любого химического компонента были равны между собой. Применительно к интересующей нас проблеме это означает, что имеется возможность для роста



интенсивности хозяйственной деятельности при сохранении существующей химической структуры биосферы, т.е. возможно отдаление экологических ограничений на пределы роста за счет ускорения миграции вещества в направлении, противоположном направлению его миграции в техногенных потоках. Данное условие, которое можно назвать *вторым постулатом устойчивого развития*, составляет основу для выработки новых принципов взаимоотношений человека с биосферой при переходе общества на путь устойчивого развития.

Нельзя, однако, считать, что таким способом можно вообще преодолеть экологические ограничения на расширение хозяйственной деятельности. Ускорение компенсирующих потоков вещества связано с затратами энергии, возобновляемые и невозобновляемые ресурсы которой ограничены. По-видимому, самые жесткие ограничения на пределы роста накладывает энергетическая структура биосферы и, в частности, допустимая мощность утилизируемых энергетических потоков, при которой биосфера сохраняется в устойчивом состоянии, приемлемом для биологического существования человека. Таких состояний может быть достаточно много и некоторые из них, вероятно, имеют преимущества перед ныне существующей формой структурно-функциональной организации биосферы.

Термодинамический анализ устойчивости биосферы основывается на предположении, согласно которому она представляет собой открытую термодинамическую систему, находящуюся в стационарном состоянии. В открытых системах изменения экстенсивных параметров (Y) могут быть представлены в виде аддитивных вкладов, обусловленных внутренними процессами ($d_i Y$) и процессами обмена с окружающей средой ($d_e Y$):

$$dY = d_i Y + d_e Y. \quad (2)$$

Для важнейших термодинамических параметров можно записать следующие соотношения:

$$dU = d_i U + d_e U, \quad (3)$$

$$dS = d_i S + d_e S, \quad (4)$$

$$dn_k = d_i n_k + d_e n_k, \quad (5)$$

где U , S и n_k — соответственно внутренняя энергия, энтропия и число молей химического компонента k .

Согласно первому закону термодинамики, выражающему принцип сохранения энергии,



$$d_i U = 0 \quad (6)$$

и в соответствии со вторым законом термодинамики

$$d_i S \geq 0, \quad (7)$$

где знак равенства относится к состоянию термодинамического равновесия, а неравенства – к неравновесным состояниям. Поскольку для неравновесных систем устойчивыми могут быть только стационарные состояния, характеризующиеся тем, что их свойства не изменяются во времени, для них $d_i Y = -d_e Y$ и из (3)–(7) следует:

$$d_e U = 0, \quad (8)$$

$$d_e S = -d_i S < 0, \quad (9)$$

$$d_e n_k = -d_i n_k. \quad (10)$$

Условия (8)–(10) лежат в основе термодинамического описания неравновесных систем.

В неравновесной термодинамике показано [2, 3], что критерием устойчивости стационарного состояния систем, находящихся вдали от равновесия, служит избыточное производство энтропии ($\delta\beta$) в возмущенном состоянии, соответствующее той части производства энтропии, которая обусловлена отклонениями термодинамических сил (δX) и потоков (δJ) от их значений в стационарном состоянии:

$$\delta\beta = \int dV \sum_r \delta J_r \delta X_r, \quad (11)$$

где $\beta = d_i S/dt$, t – время, V – объем системы, J_r и X_r – потоки и термодинамические силы r -го процесса в системе, δ – обозначение отклонения соответствующей величины от значений в стационарном состоянии. В зависимости от знака $\delta\beta$ возможны три разных случая:

- неустойчивое состояние ($\delta\beta < 0$),
- асимптотически устойчивое состояние ($\delta\beta > 0$),
- состояние с нейтральной устойчивостью ($\delta\beta = 0$).

Последний случай соответствует точке перехода от устойчивого к неустойчивому состоянию.



Согласно (11), неравновесная система будет находиться в пределах устойчивости при положительном значении суммы произведений вариаций потоков и соответствующих термодинамических сил, то есть при

$$\sum \delta J_r \delta X_r > 0. \quad (12)$$

Следует подчеркнуть, что условия устойчивости (11) и (12) содержат сумму произведений вариаций потоков и термодинамических сил и поэтому для некоторых процессов, протекающих в стационарной неравновесной системе, произведения $\delta J \delta X$ могут быть меньше нуля, если сумма всех произведений $\delta J \delta X$ остается положительной.

Поскольку в биосфере широко распространены процессы с обратными связями, ее следует относить к нелинейным неравновесным системам, для которых термодинамическая теория Николиса – Пригожина открывает путь анализа устойчивости состояний. Однако в настоящее время слишком мало известно о механизмах сопряжения потоков вещества и энергии в биосфере и решение этого вопроса – перспективное направление будущих исследований. Особый интерес представляет выяснение возможности эволюции биосферы по такой траектории, которая самопроизвольно удаляется от точек бифуркаций.

Литература

1. Марфенин Н.Н. Устойчивое развитие человечества. М.: Изд-во Моск. ун-та, 2007. 625 с.
2. Николис Г., Пригожин И. Самоорганизация в неравновесных системах. М.: Мир, 1979. 512 с.
3. Пригожин И., Кондепуди Д. Современная термодинамика. М.: Мир, 2002. 461 с.



*Профессор географического факультета
МГУ имени М.В. Ломоносова
В.С. Савенко*

К 150-ЛЕТИЮ ЭРНЕСТА РЕЗЕРФОРДА

150 лет назад, летним днем 30 августа 1871 г., в маленькой деревне Брайтуотер (Brightwater, которая тогда называлась Спринг-Гроув (Spring Grove)), в 20 км юго-западнее новозеландского города Нельсон, в семье Джеймса Резерфорда родился «отец» ядерной физики. В те времена, когда ещё далеко не все ученые верили в существование атомов, Резерфорд открыл их (атомов) структуру и чуть позже осуществил многовековую мечту алхимиков — превращения атомов — открыл ядерные реакции. «Современная алхимия» — так называлась лекция, прочитанная им в 1936 в Ньюхемском колледже Кембриджа



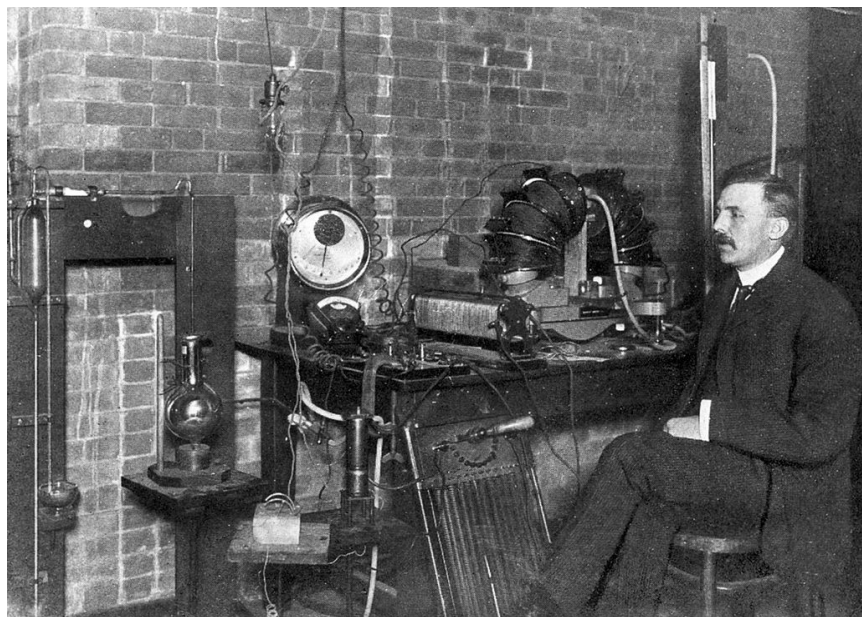
Дед ученого приехал из Шотландии в 1842 г. по правительственной программе заселения колоний. Эрнест был 4-м из двенадцати детей фермера и учительницы. В 1894 он окончил Кентерберийский колледж Новозеландского университета в Крайстчёрче (Christchurch), где проявил склонность к изобретательству (в 1893 построил один из первых в мире радиоприемников — магнитный детектор электромагнитных волн). В годы первой мировой Резерфорд занимался изобретением гидролокатора.

Трудно сказать, как бы сложилась жизнь Эрнста в дальней колонии, далёкой не только от метрополии, но и от большой науки. Помог случай. В 1851 году в Британии с доходов Всемирной выставки была учреждена специальная стипендия для окончивших университеты «в заморских владениях» (150 ф. ст./год). Она присуждалась раз в два года и давала возможность продолжить научную работу в метрополии.

В 1895 году ее должен был получить химик Джеймс Скотт Маклорен (1864–1939), ставший впоследствии главным химиком-аналитиком Новой Зеландии. Это был достойный соперник, старше Эрнеста на семь лет, тоже выходец из большой семьи шотландских иммигрантов (у его родителей было 11 детей). Но Маклорен, обремененный семьей и имевший хорошую работу, не захотел ехать, и стипендия досталась Резерфорду. Уехав в Англию в сентябре 1895 г., молодой учёный стал работать в



Кавендишской лаборатории, директором которой был в то время будущий 2-й английский нобелевский лауреат по физике Дж.Дж. Томсон. В 1902 переехал в другой британский доминион, в Канаду, став заведующим кафедрой физики Монреальского университета (университет МакГилла) с окладом 500 ф. ст./год. По утверждениям современников, Резерфорд стремился не изобретать новые теории, а пытался объяснять физические явления уже существующими теориями. Он был гениальным экспериментатором, а вот к математике и вычислениям прибегал нечасто, только по мере необходимости. Старался использовать в своих исследованиях простые и дешевые приборы, затраты на оборудование не превышали 400 ф.ст./год (на фото ниже видно, что стены в лаборатории даже не оштукатурены).



Эрнест Резерфорд в Университете Макгилла в 1905 году

В 1907 Резерфорд вернулся в Англию, сначала в университет Виктории (Манчестер), где зарплата была втрое выше, чем в Канаде (1600 ф. ст./год), затем в Кембридж, где с 1919 он стал директором Кавендишской лаборатории, сменив на этом посту своего учителя Дж.Дж. Томсона.

Резерфорд стал в 1908 вторым по счёту английским нобелевским лауреатом по химии. В решении Нобелевского комитета сказано, что пре-



мия (140 000 шведских крон или 6800 ф. ст.) присуждена «за проведенные им исследования по расщеплению элементов и химии радиоактивных веществ». Сам Резерфорд об этом решении на банкете в Стокгольме 10 декабря 1908 года высказался так: *«В свое время я наблюдал много превращений с разными временами, но самое быстрое, с которым я когда-либо встречался, — это мое собственное превращение из физика в химика»*.

Однако чтобы не огорчать Нобелевский комитет, назвал свою лекцию так, чтобы она соответствовала номинации: «О химической природе альфа-частиц, испускаемых радиоактивными веществами». Известно высказывание Резерфорда что *«все науки, кроме физики, сродни коллекционированию марок»* (All science is either physics or stamp collecting.)

С 1925 по 1930 Резерфорд — президент Лондонского королевского общества, он также был иностранным членом многих академий наук (с 1925 почетный член АН СССР).

Его открытия составляют основу современного школьного курса ядерной физики: открытие α - и β -излучений (1898), открытие эманаций тория — радона (1899), разработана теория радиоактивного распада (1902) и придуман термин период полураспада, дана идентификация α -излучений как дважды ионизованных ядер гелия, получены планетарная модель атома и формула рассеяния частиц на ядре (1911), открытие протона и расщепление ядра азота (1919), предсказание нейтрона и дейтрона (1920). А сколько открытий сделано его учениками и соратниками! Кроме того, в 1903 г. гениальный физик предсказал существование трансурановых элементов: «Если существуют элементы тяжелее урана, то вполне вероятно, что они окажутся радиоактивными. Исключительная чувствительность методов химического анализа, основанных на радиоактивности, даёт возможность обнаружить эти элементы, даже если они будут присутствовать в ничтожно малых количествах. Поэтому можно ожидать, что в будущем число радиоактивных элементов увеличится и что в незначительных количествах существует значительно больше, нежели три, известных сейчас радиоактивных элемента». С Олифантом экспериментально доказал справедливость закона взаимосвязи массы и энергии в ядерных реакциях (1933), в следующем году осуществил реакцию синтеза дейтронов с образованием трития.

Резерфорд знаменит своей школой. Среди его учеников 13 нобелевских лауреатов по физике и химии (в скобках — год получения премии): Ф. Содди (1921), Н. Бор (1922), Ф. Астон (1922), Р. Милликен (1923), Ч. Вильсон (1927), Д. Чедвик (1935), Д. Хевеши (1943), О. Ган (1944), Э. Эпплтон (1947), П. Блэккет (1948), Д. Кокрофт (1951), Э. Уолтон (1951), П.Л. Капица (1978). Всего же к настоящему времени, за почти



полтора века своего существования, Кавендишская лаборатория подготовила 29 нобелевских лауреатов.

В учебниках физики и радиохимии стоят фамилии его учеников Марка Олифанта, Генри Мозли, Дж. Неттола, Ганса Гейгера, Эрнста Мардене, Казимира Фаянса, каждый из которых внес вклад в развитие науки о ядре.

У Резерфорда стажировались «отцы» американской и советской атомных бомб — Р. Опенгеймер (в 1925–1926) и Ю.Б. Харитон (в 1926–1928), а также советские физики А.И. Лейпунский (в 1934–1935), научный руководитель программы создания ядерных реакторов на быстрых нейтронах и реакторов с жидкометаллическим теплоносителем, К.Д. Синельников (1927), создатель первого в СССР протонного ускорителя. Посещали Кавендиш А.Ф. Иоффе, Я.И. Френкель, Н.Н. Семенов. Одним из любимейших учеников Резерфорда был Петр Капица. В 1923 году он защитил диссертацию «Прохождение альфа-частиц через материальную среду и методы получения сильных магнитных полей» и был удостоен степени доктора философии Кембриджского университета. И уже в 1924 г. Капица — помощник директора Кавендишской лаборатории.



Резерфорд в лаборатории им. Людвиг Монда у Капицы. 1933

12 февраля 1914 в Букингемском дворце королём Георгом V Эрнест Резерфорд был посвящен в рыцари. Под конец жизни, в 1931, он стал ба-



роном Rutherford of Nelson и получил родовой герб, который, однако, не передается по наследству.

Когда П.Л. Капицу при его посещении Советского Союза в 1934 г. не выпустили обратно, Резерфорд без раздумий переслал его лабораторию в Москву (она была выкуплена советским правительством за 30000 ф. ст. и стала основой Капицынского Института физических проблем).

Академик П.Л. Капица так вспоминал о своем учителе: «Наружностью он был довольно плотный, роста выше среднего, глаза у него были голубые, всегда очень веселые. Лицо очень выразительное. Он был подвижен, голос у него был громкий, он плохо умел его модулировать, вполголоса он говорить не мог. Когда профессор входил в лабораторию, все знали об этом, и по интонации можно было судить, в духе он или нет. Во всей его манере обращаться с людьми сразу, с первого слова, бросались в глаза его искренность и непосредственность. Своей приветливостью он быстро располагал к себе людей. Проводить время в его обществе было исключительно приятно. Когда ему что-нибудь рассказывали, он немедленно реагировал, что бы это ни было».

Известно пророческое высказывание Резерфорда: «Если бы было возможно найти подходящий детонатор, можно было бы представить, что волна от атомного распада, возникнув внутри материи, превратит наш старый мир в пыль» или как бы шутливое, что «какой-нибудь дурак, работая в лаборатории, может ненароком взорвать Вселенную», но «мы можем рассчитывать на то, что Природа сохранит свою тайну».

Список его научных трудов — свыше 200.

Он обладал непревзойденной интуицией. Трудно найти ученого, который за свою жизнь допустил бы так мало ошибок. Одну из них он сделал в 1933 году во время выступления в Британской ассоциации содействия науке, когда сказал: «Эти превращения атомов представляют исключительный интерес для ученых, но мы не сможем управлять атомной энергией в такой степени, чтобы это имело какую-нибудь коммерческую ценность, и я считаю, что вряд ли мы когда-нибудь будем способны сделать это... Об атомных превращениях наговорили множество всякой чепухи. Наш интерес к этой проблеме чисто научный». Это было сказано за пять лет до открытия цепной реакции деления урана и за девять лет до того, как начал работать первый атомный реактор. Но скоростная смерть от последствий операции после травмы во время работы в саду вырвала этого человека богатырского телосложения из жизни и науки за 14 месяцев до открытия Ганом и Штрассманом деления урана. А ведь вполне можно было ожидать, что он доживет до практического применения своих научных исследований (его отец прожил 89 лет, мать — 92).



Похоронен барон Резерфорд в Вестминстерском аббатстве рядом с Ньютоном, Кельвиным, Дарвиным и Фарадеем.



С 1992 г. банкноту в сто новозеландских долларов украшает изображение самого, вероятно, известного уроженца Новой Зеландии

В честь Эрнеста Резерфорда в 1997 г. назван химический элемент № 104, впервые синтезированный в Дубне в 1964 году (до этого носил название «курчатовий»). Ранее резерфордием был 106-й элемент (ныне — сиборгий), а до этого — 103-й (лоуренсий),

В честь Эрнеста Резерфорда также названы:

- лаборатория Резерфорда – Эплтона, одна из национальных лабораторий Великобритании, открытая в 1957 году;
- астероид (№ 1249) Резерфордия;



- кратеры на обратной стороне Луны и на Марсе;
- Медаль и премия Резерфорда Института физики (Великобритания);
- Мемориальная медаль Резерфорда Королевского общества Канады;
- Медаль Резерфорда Королевского общества Новой Зеландии.

Его именем названы улицы в Берлине, Нельсоне, Брайуотере, Абингтоне (Великобритания), Карлсбаде (США), Вогане (Канада), а также школы, парки, благотворительные фонды и даже ракетный двигатель фирмы Rocket Lab.

В настоящее время в библиотеке физфака МГУ работает выставка к юбилею Резерфорда, где можно ознакомиться с его прижизненными изданиями на русском и английском языках.

*В. Лукашик,
сотрудник библиотеки
физического факультета МГУ*

ПРОБЛЕМЫ ДИНАМИЧЕСКОЙ ТЕОРИИ В СТАТИСТИЧЕСКОЙ ФИЗИКЕ

*(К 75-летию опубликования
одноименной монографии Н.Н. Боголюбова)*

В этом году исполняется 75 лет со дня опубликования монографии Н.Н. Боголюбова "Проблемы динамической теории в статистической физике". Эта книга ознаменовала появление единой статистической теории неравновесных систем.

В 1946 году в ЖЭТФ вышли две работы Н.Н. Боголюбова — «Разложение по степеням малого параметра в теории статистического равновесия» и «Кинетические уравнения», которые фактически отражали содержание двух основных частей его монографии «Проблемы динамической теории в статистической физике» — равновесной и неравновесной. И эти две работы Н.Н. Боголюбов представил как сотрудник Московского университета.



В 1943 году он вернулся из эвакуации и был зачислен на кафедру теоретической физики физического факультета МГУ на должность профессора с 1 ноября 1943 года.

При поступлении на факультет Н.Н.Боголюбов указал в личном листке по учету кадров в качестве предыдущего места работы Уфимский авиационный институт и Уфимский педагогический институт, где он заведовал кафедрами математического анализа (с июля 1941 по август 1943 года).

Основополагающей работе Н.Н. Боголюбова «Проблемы динамической теории в статистической физике» посвящено много исследований. Здесь нам хотелось бы отметить тот факт, что предисловие данной книги завершается словами

благодарности в адрес А.А. Власова: «В заключение считаю своим долгом выразить здесь свою благодарность проф. А.А. Власову, беседы с которым значительно способствовали автору в уяснении им физической стороны рассматривавшихся проблем».

До работ Боголюбова кинетические уравнения устанавливались на интуитивной основе. В 1872 г. Больцман получил свое знаменитое уравнение (в общем виде — в 1875 г.). Позднее Эйнштейном и Смолуховским была создана теория брауновского движения. Обобщение уравнения Больцмана на плотные газы осуществлено Энскогом, а в 30-х годах XX века получены уравнения Ландау и Власова.

В своей монографии Боголюбов писал, что проблемы кинетики никогда не рассматривались с точки зрения динамической теории. Здесь основными были методы другого типа, используемые еще Больцманом при получении своего кинетического уравнения.

Но при таком подходе возникает внутреннее противоречие. С одной стороны, движение молекул трактуется как некоторый случайный процесс, а с другой — эффективные сечения рассеяния рассчитываются из



уравнений механики. Это характерно как для классической, так и для квантовой механики. В последнем случае учитываются требования симметрии.

Метод Больцмана основан на полном исключении корреляции между динамическими состояниями молекул. По этой причине его нельзя непосредственно обобщить для получения уравнений более высокого приближения.

Боголюбовым впервые предложен и осуществлен общий метод получения кинетических уравнений. Он основан на предположении, что за время порядка длительности соударения многочастичные функции распределения становятся функционалами одночастичных функций, которые удовлетворяют в свою очередь кинетическому уравнению.

На следующем этапе за время порядка гидродинамического времени одночастичная функция становится функционалом макроскопических величин, которые удовлетворяют уравнениям гидродинамики. В дальнейшем это направление интенсивно развивалось.

Вплоть до 50-х годов XX века выражения для уравнений состояния даже системы твердых сфер были известны с точностью до четвертого вириального коэффициента. В методе Боголюбова, когда функции распределения представляются в виде разложения по степеням плотности, первое приближение соответствует уравнению Больцмана, но с учетом того факта, что при соударении центры частиц находятся не в одной точке. Это уравнение в дальнейшем Боголюбов называл уравнением Больцмана-Энскога.

Проведенные позже расчеты показали, что интегралы столкновений, рассчитанные по методу Боголюбова и определяющие в кинетических уравнениях диссипативные процессы, уже при учете четырех частиц становятся расходящимися. В дальнейшем эта проблема была разрешена за счет перегруппировки членов рядов теории возмущений.

Ценность работы Боголюбова заключается и в том, что в ней предложены пути распространения предлагаемой теории на системы более сложных частиц, взаимодействие между которыми может быть и многочастичным, а также на квантово-механические системы.

Семьдесят пять лет, которые прошли после выхода монографии Боголюбова, показали высокую эффективность заложенных в ней идей по созданию динамической теории в статистической физике. Работы Боголюбова оказали значительное влияние и на формирование динамической теории жидкости.

Профессор П.Н.Николаев



К 100-ЛЕТИЮ СО ДНЯ РОЖДЕНИЯ С.В. ТЯБЛИКОВА

Сложно писать о своём отце, тем более об отце знаменитом, поскольку всегда существует опасность незаслуженно очутиться в лучах его славы, никакого отношения к тебе не имеющей...



Биография любого человека всегда складывается из двух частей: биографии социальной — взгляда со стороны общества и окружающих людей на жизнь и поступки человека, и биографии «домашней» — взгляда на жизнь того же человека, но со стороны домочадцев. Мой папа, конечно же, не исключение, и поэтому рассказ о нём будет состоять из двух частей.

Итак, мой отец — Сергей Владимирович Тябликов, известный советский физик, родился в подмосковном г. Клин 7 сентября 1921 года. В 1939 г. он окончил школу с отличным аттестатом, получив этим пра-

во поступления в вуз без экзаменов, и выбрал физический факультет МГУ. Но после окончания им 2-го курса в 1941 г. началась война, он не подлежал мобилизации по зрению и вместе с университетом эвакуировался в Ашхабад, в вагоне эшелона близко познакомившись с А.Д. Сахаровым, оказавшись с ним на соседних полках. Это знакомство, видимо, и способствовало тому, что позднее А.Д. Сахаров привлёк отца к разработке «ядерного щита» СССР.

После возвращения из эвакуации он в 1944 г. окончил физический факультет МГУ с красным дипломом и поступил в аспирантуру при кафедре теоретической физики МГУ к профессору А.А. Власову — *специалисту по физике плазмы и статистической физике*, который и рекомендовал отца вернувшемуся в Москву Н.Н. Боголюбову. В 1947 г. после окончания аспирантуры и защиты кандидатской диссертации отцу была присвоена учёная степень кандидата физико-математических наук. В 1948 году (совместно с Н.Н. Боголюбовым) отцом была разработана



математическая теория «полярной» модели металла. Тогда же им была построена первая последовательная квантово-механическая теория магнитной анизотропии, и в дальнейшем квантовая теория ферромагнетизма и антиферромагнетизма занимает в его исследованиях ведущее место.

В 1954 г. отцом была защищена докторская диссертация «Исследования по теории поляронов», сделавшая его доктором физико-математических наук.

Позже, в 1956 году, вместе с Н.Н. Боголюбовым у него была поездка в США по приглашению одного из научных институтов. Из неё отец вернулся несколько озадаченный, но без того безудержного изумления и восторга, о котором часто читаешь в воспоминаниях людей, побывавших в те годы за «железным занавесом» в «логове мирового империализма». Он не привёз оттуда ничего, кроме научных книг, паркеровской ручки с золотым пером, с которой, из-за её удобства, не расставался до конца жизни.

Исключительно важные результаты в теории ферромагнетизма отец получил после появления метода двухвременных **запаздывающих и опережающих** температурных квантовых функций Грина, значительно усовершенствованного им в совместной работе с Н. Н. Боголюбовым (ДАН СССР, 1959 г). Тогда и появилось «приближение Боголюбова – Тябликова» («Bogolyubov–Tyablikov approximation»), знакомое ныне каждому физику-теоретику.

В 1959 году отец опубликовал ставшую впоследствии знаменитой работу, в которой впервые было описано полученное им уравнение магнитного состояния ферромагнетика в модели локализованных электронов Гейзенберга для широкого интервала температур. Построенное в этой работе приближение было основано на температурном упорядочении спектра магнонов и получило название «расцепление Тябликова» («Tyablikov decoupling»).

В 1961 г. отец (совместно с В.Л. Бонч-Бруевичем) написал книгу, в которой впервые был последовательно изложен «Метод функций Грина в статистической механике».

С 1947 года и до конца жизни отец работал в Математическом институте АН СССР, с 1962 года бессменно возглавляя Отдел статистической механики МИАН СССР и читал лекции по квантовой теории на физфаке МГУ. В 1966 году стал научным руководителем вновь созданно-



го Сектора статистической механики ЛТФ ОИЯИ в Дубне. В 1964 году ему было присвоено звание профессора МГУ.

В МИАНе папа встретил свою будущую жену, мою маму, Таисию Васильевну Рогозкину, работавшую зав. аспирантурой МИАН после окончания мехмата МГУ. Она была с отцом до его последнего мгновения...

В 1965 году вышла монография отца «Методы квантовой теории магнетизма», которую перевели и издали в 1967 году в США в изд. Шпрингера на английском, а потом, в 1968 году, в Лейпциге на немецком языке. За эту монографию отец был удостоен Государственной премии СССР 1970 года (посмертно). Монография была переиздана в 1975 г. и до настоящего времени служит учебником для студентов-физиков, в котором простым и ясным языком изложены основы современной квантовой теории магнетизма.

Мир взрослых и мир детей — это два совершенно различных мира, соприкасающиеся лишь в ограниченном числе точек. Но если взрослые, постаравшись вспомнить себя и своё поведение в детстве, могут попытаться понять ребенка и что его на сей момент волнует, то для детей это совершенно исключено — они ещё не были взрослыми... Поэтому мои воспоминания об отце, о папе — это окрашенные детским восприятием отдельные картинки, не более того...

В моей памяти папа был всегда очень занят, дверь в его кабинет была почти всегда закрыта — он постоянно работал... Заглядывая к нему, я видел большой стол, как стеной, обложенный стопками черновиков, рукописей и книгами. На этом столе всегда, как пресс-папье, стояли чугунные каслинского литья пантера и гончая, и ещё тяжёлая стеклянная пепельница, каждое утро оказывавшаяся с горкой окурков от «Беломора». Он курил всю жизнь исключительно «Беломор», только последние 2–3 года разбавляя болгарским «Орал».

Две стены его кабинета занимали стеллажи, шкафы с книгами, третья выходила на балкон. Часто из кабинета слышалась негромкая музыка, всегда только классическая — папа говорил, что она помогает думать, мне казалось это немного странным, но музыка и у меня рождала какое-то странное ощущение, может быть, настроение — она позволяла душе парить, отстраняясь от «сиюминутности» и открывая взору иные просторы...

Писал папа быстро, скорописью, перьевой ручкой. И очень любил крепкий индийский чай, пил его из стакана тонкого стекла в серебряном подстаканнике, подаренном ему после защиты докторской диссертации, с серебряной ложечкой из давних времён... На столе часто стоял недопи-



тый стакан (порой уже остывшего) чая, из которого он прихлёбывал во время работы. У нас дома вообще был «культ чая» — чай пил и дедушка, и тоже только крепкий, и тоже из стакана с подстаканником. А потом к этому пристратился и я.

Тогда для меня он был просто папа, его научные достижения лежали за пределами моего мира. Наши миры соприкасались, когда к нему приходили коллеги обсудить научные проблемы — тогда из-за двери кабинета слышались совершенно незнакомые слова и выражения, значения и смысла которых я не понимал, для меня это были слова на тарабарском языке...

Запуск 4 октября 1957 года первого спутника стал для всех шагом в новую эпоху. Вечером того или следующего дня мы с папой гуляли на улице в Москве, вокруг было много людей, они смотрели в тёмное небо и пытались что-то разглядеть там. Тогда папа посадил меня на плечи, показал на движущуюся звёздочку в небе и сказал: «Смотри, сын — это наш первый спутник, его запустили впервые в мире люди нашей страны, потому что наша страна — лучшая в мире и, что бы в ней ни происходило, как бы трудно в ней ни было жить, это — твоя Родина! Запомни это, сын!»

Мне тогда было 4 с половиной года, понял, я, естественно не всё, но запомнил дословно. А понимание сказанного пришло много позже...

И через 4 года, когда в космос полетел Гагарин, а я заканчивал 1-й класс — в тот солнечный апрельский день восторг от происходящего усиливался давно сказанными словами отца: «Это — твоя Родина!»

Занятость отца странным образом сочеталась с открытостью для нас с братом по любому неотложному делу (с уроками, например), но он очень сердился, когда его «дёргали» из-за ерунды. Потом я это тоже понял, когда вырос — как трудно бывает вернуться к прерванному ходу мыслей, но тогда было очень обидно, что нельзя просто так вбежать в кабинет с детским «тах-тах-тах» или гонять машинки вокруг его стола...

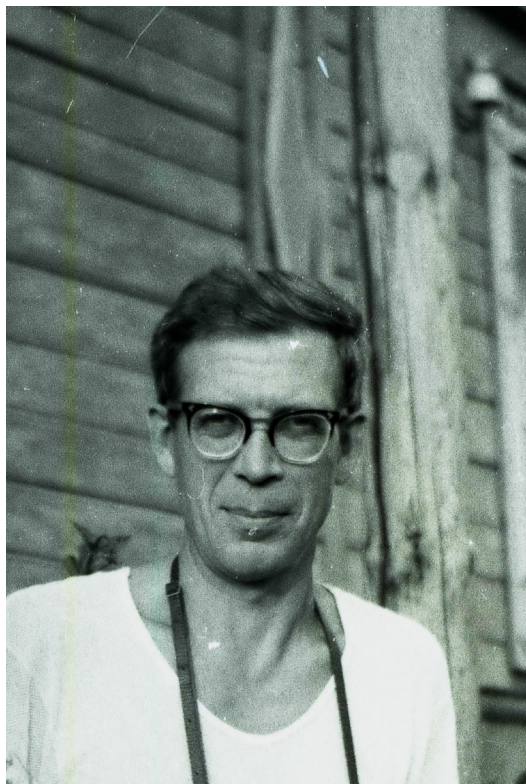
И ещё он обладал удивительным даром просто объяснять любые сложные вещи. Когда у меня однажды не получалась задача по математике (из какого-то усложнённого задачника), папа объяснил её и объяснил общий принцип решения задач так, что он (этот принцип) намертво отпечатался в памяти, и с тех пор я решал задачи, пользуясь тем однажды объяснённым им алгоритмом на уровне подсознания.

Однако один день в неделю, суббота, был безраздельно отдан нам с братом. На этот день всегда планировались какие-нибудь прогулки (в зоопарк или в сосновый парк недалеко от дома с обязательным разговором о произошедших с нами за неделю событиях). А в тёплое время года по вечерам у нас было ещё одно занятие, на которое папа всегда со-



глашался безоговорочно — игра в бадминтон. Мы выходили на улицу и час или полтора махали ракетками до той поры, пока летящий волан был ещё виден на фоне медленно темнеющего неба.

Мой отец был очень простым и прямым в общении человеком — об этом говорили и все, имевшие с ним дело. Дома у нас была практически спартанская обстановка — жёсткие деревянные стулья, никаких излишеств. Но далеко не все жили так. Однажды мы поехали с ним и мамой на дачу к папиному знакомому, тоже известному учёному, давно приглашавшему отца в гости с семьёй. Мне тогда было лет 7–8, а брата, по причине его малости (4 года) оставили у бабушки. За нами была прислана машина, водитель распахнул перед нами двери, мы сели и поехали. Дача была не очень далеко от Москвы, но дорога показалась мне очень длинной. Когда мы, наконец, приехали, встречать нас вышел хозяин в больших затемнённых очках и соломенной шляпе, одетый во что-то вроде косоротки или рубашки навыпуск и широких брюках...



Это была не совсем дача (дачи я видел и до того) — это был скорее загородный двухэтажный дом. Мы прошли по большому участку с соснами и цветочными клумбами перед входом в дом. На участке работал садовник, подстригая кусты, посаженные вдоль ограды. В самом доме была красивая и необычная мебель, мягкие кресла, обтянутые тканью с цветочным узором. Сидели мы тогда на крытой веранде, еду приносила горничная, разговор вращался около научных проблем и был довольно длинным, но участвовали в нём все, включая маму. Понимал я мало что, и мне было откровенно скучно. Хозяин, видимо,



чтобы развлечь меня, спросил, как мне понравилась его дача. И я с детской прямоотой сказал: «Да, очень, — и задал вопрос, показывая на садовника и горничную, которая в этот момент уносила со стола посуду, — а это кто — прислуга? Разве у советского человека может быть прислуга?» За столом повисло напряжённое молчание, у хозяина, сидевшего с коньячной рюмкой в руке, слегка порозовели щёки, отец был, пожалуй, просто ошарашен...

Хозяин что-то невнятно ответил, мягко обойдя мой вопрос. Но разговор уже не возобновился, окончательно прервавшись, и мы вскоре собирались домой. Хозяин снова предложил машину, но отец отказался, и домой мы возвращались на электричке, дойдя до станции пешком. По дороге мама начала меня отчитывать за возникшую неловкость, но папа оборвал её словами: «Остановись, не надо — по-своему он прав: таким мы его воспитали!»

Моя «клинская» бабушка была учителем литературы в Клину, и, вероятно, именно она привила отцу любовь к поэзии и литературе (особенно русской). Он очень любил поэзию, много читал и легко цитировал не только Пушкина и Лермонтова, но и А.Н. Апухтина с А.К. Толстым, и японские танки. У папы в кабинете стояло собрание сочинений М.Е. Салтыкова-Щедрина, которого он очень любил, знал чуть ли не наизусть и часто цитировал. Его коллеги однажды рассказали, что как-то на затянувшемся политсобрании, слушая нудного заезжего лектора, отец вполголоса процитировал «Историю города Глупова» про «органчик» и тем самым положил конец бесплодному мероприятию.

Позднее, когда до Салтыкова-Щедрина добрался и я, мне стала понятна любовь к нему отца — это произведения *вне времени*, не потерявшие своей жизненности и сейчас, всегда дающие возможность в любой ситуации достаточно прямо и едко высказать своё мнение о происходящем, не задевая никого *впрямую* своим отношением.

И, конечно же, я всегда ждал лета — летом папа делал перерыв в своей казавшейся мне бесконечной работе — у него был отпуск...

Свой отпуск отец делил обычно на две части — одну он проводил с нами (семьёй), в другую ездил с рюкзаком по стране — когда один, когда со знакомыми. Одним из его последних путешествий был сплав на деревянной лодке по Подкаменной Тунгуске с тремя коллегами-физиками. Снятый при этом фильм на 8-ми миллиметровой киноплёнке по возвращении он монтировал сам, привлекая к этому делу меня для монтажа мультипликационных вставок. К сожалению, этот фильм, будучи коллективной собственностью, (как это часто бывает) затерялся на просторах пространства и времени.

А предыдущая поездка на Подкаменную Тунгуску в одиночку чуть было не закончилась очень печально — отец простудился, заболел воспа-



лением лёгких и неделю отлёживался в палатке, приходя в себя и согреваясь огнём костра... Об этом он иногда рассказывал с лёгкой иронией, говоря, что «путешествия в одиночку не всегда проходят по намеченному плану...»

Ко всем детским «неприятностям» папа относился очень спокойно — когда я лет в 12, собирая деревянную модель яхты, почти наполовину располосовал себе большой палец ножом и смотрел, как замороженный, на льющуюся кровь, соображая, что делать, чтобы не залить всю квартиру кровью, папа, случайно выйдя на кухню, невозмутимо сказал: «Ну что же ты стоишь, кровь нужно остановить, а палец перебинтовать...» И всё.

Все школьные каникулы мы с братом проводили в Клину у бабушки, отец с мамой приезжали на каждые выходные, и это было здорово — в Клину отец не работал и проводил всё время с нами. И ещё он был истинным теоретиком. Однажды папа решил показать мне, как работает детекторный приёмник — я намотал под его руководством приёмную катушку, потом мы спаяли схему, забросили на яблоню антенну и... ничего. Для увеличения чувствительности антенну подняли на крышу — ничего, подняли на мачту телевизионной антенны — ничего. Так он и не заработал. Уже много позже в Москве, когда я увлекся радиолюбительством, мне попала в руки эта катушка — приёмник заработал сразу, хорошо и уверенно. Но при этом папа свободно обращался с топором и ножом, показывая, как выстругивать кораблики, отправляемые потом в плавание по весенним ручьям.

Мне очень нравились (и легко давались) все естественные науки — математика, физика, химия, биология. Особенно меня привлекала химия — дома при помощи отца была организована лаборатория, в которой временами (довольно часто!) было шумно, дымно и вонюче... Папа единственно, что говорил мне, так это быть аккуратнее с реактивами и помогал во всём — в том числе и с покупкой реактивов, которые не всегда продавали подросткам. И после школы я собирался поступать на химический факультет МГУ. День его смерти стал для меня днём прощания с химией — в тот день мне нужно было идти на городскую олимпиаду по химии после победы на районной, естественно, я не пошёл и решил, что мой долг (как ни высокопарно это звучит) продолжить дело его жизни и заниматься физикой. Теоретиком я, конечно, не стал — не моё это, но в эксперименте кое-что мне всё-таки удалось...

Отец и со своим уходом остался в памяти коллег и учеников — каждый год в день его смерти они приходили к нам домой на протяжении более 40 лет, вспоминая его; кто не мог прийти, оказавшись в командировке, всегда звонил, но их круг постепенно редел, они все были мертвы... И сейчас не осталось уже почти никого...



После безвременной кончины отца нам пришло огромное количество соболезнований из самых разных и далёких стран, с разных континентов (даже из Австралии и Южной Америки). Только тогда я в полной мере понял, что мой отец был не просто моим папой, но и очень известным учёным, хорошо известным всему миру, сделавшим для физики многое и оставившим после себя результаты, не потерявшие своего значения и теперь, больше чем через полвека после его смерти...

А вот ученики отца: Шиклош Тивадар (ВНР) (к.ф.-м.н., Москва, МГУ, 1955), Потапков Н.А. (СССР) (к.ф.-м.н., Москва, МИАН, 1958), Пу Фу Чо (КНР) (к.ф.-м.н., Москва, МИАН, 1960), Яковлев Е.Н. (СССР) (к.ф.-м.н., Москва, ИФВД, 1962), Плакида Н.М. (СССР) (к.ф.-м.н., МИАН, 1966, д.ф.-м.н. 1976), Рудой Ю.Г. (СССР) (к.ф.-м.н., Москва, МГУ-МИАН, 1967, д.ф.-м.н., 1979), Петровский А.Б. (СССР) (к.ф.-м.н., Москва, МИАН, 1970, д.т.н., 1994), Морозов В.Г. (СССР) (к.ф.-м.н., Москва, МИАН, 1973, д.ф.-м.н., 1987).

В.С. Тябликов

ЭМИЛИ ДЮ ШАТЛЕ ИЛИ ОПЫТ ЛЕТНЕГО ЧТЕНИЯ

Редакция «Советского Физика» несколько раз предлагала мне написать о том, что я думаю о французском физике и математике XVIII века Эмили дю Шатле (1706–1749), многолетней подруге и покровительнице Вольтера (1694–1774). Конечно, хорошо вспоминать о своих предшественниках, но предложение меня, по правде сказать, не очень увлекало. Дело в том, что я совсем не увлекаюсь Вольтером и его кругом общения. Я понимаю, что он был великим человеком, сыграл большую роль в истории Франции, да и всего современного мира, но сам он не казался мне таким человеком, о котором хочется узнать как можно больше. Мне почему-то не кажется приятным, когда крупный писатель высмеивает Жанну Д'Арк, даже если что-то в ее поведении и вызывало у него вопросы — нужно соблюдать некоторый такт, рассказывая о народных героях.

Однако жизнь распорядилась по-своему, и этим летом я, к своему удивлению, действительно много прочитал про Эмили дю Шатле. Оказалось, что в ее биографии было нечто, о чем стоит рассказать читателям нашей газеты.

Я познакомился с жизнью Эмили — так ее для краткости называл автор книги — достаточно случайно. Мой двоюродный брат отдал мне из общего семейного архива объемистую биографию Вольтера датского пи-



сателя Георга Брандеса в переводе на немецкий язык и изданную в Лейпциге в 1923 году. Трудно сказать, как она попала в нашу семью. По-немецки умели читать многие родственники — учились в гимназии, но после 1923 года за границей бывал только дядя Вилли — крупный инженер, для которого немецкий был родным языком. Наверное, он ее и привез из одной из заграничных поездок, в которых он закупал оборудование для строящихся заводов. На книге есть экслибрис, но он мало проясняет ее происхождение.



Портрет Эмили дю Шатле из Википедии

Брат говорит — ты читаешь по-немецки, вот и прочитай. А у меня есть дурная привычка — стараюсь читать книги, которые мне дарят.

Про Вольтера в книге рассказано намного больше того, что я хотел бы про него знать. В частности, в деталях рассказано о том, как Эмили укрывала Вольтера в своем замке в то время, когда власти устраивали на него гонения. В литературе утверждается, что Эмили спасла жизнь Вольтеру. Видимо, это все же некоторое преувеличение — думаю, что при желании король смог бы его уничтожить.

В книге приведены обширные фрагменты их переписки. Они не дают прямого ответа на волнующий вопрос о степени близости двух уже не совсем юных людей. Во всяком случае, у Эмили был муж, с которым



Вольтер был во вполне хороших отношениях, и трое детей, а люди XVIII века, в отличие от авторов современных социальных сетей, сообщали, о чем не стоит писать в своих письмах. Для желающих более глубоко вникнуть в эту сторону проблемы обращаю их внимание на интригующий вопрос о характере взаимоотношений Гёте и Шарлотты фон Штейн в следующем поколении.

Видно, что Эмили действительно интересовалась механикой, переводила на французский язык Ньютона и много сделала для пропаганды его идей. Она хорошо потрудились над тем, как отработать связь между идеями Ньютона и Лейбница. Ей во многом принадлежит внедрение в науку представления об импульсе.

Однако в целом Эмили все-таки трудно рассматривать как значимую для нас научную фигуру — наши области науки очень сурово относятся к своим творцам, так что уже через сравнительно небольшое время запоминаются лишь самые крупные достижения, а почти три века — большой срок.

Мне показались интересными не эти конкретные достижения Эмили, а ее восприятие современниками и потомками.

Сам Вольтер, как мне кажется, относился к своей близкой подруге и покровительнице откровенно потребительски. Когда ему было нужно, он не скупился на разнообразные похвалы и дифирамбы, а когда уезжал, скажем, в Голландию, то начинал ее откровенно игнорировать, а бедная любящая женщина явно страдала. Для Вольтера это было, в общем, достаточно типичное поведение. Не скажу, что это усилило мой интерес к Вольтеру.

Интересно другое. Брандес явно считает себя прогрессивно мыслящим человеком, но для него кажется очевидным, что даже такая бескорыстно интересующаяся физикой и математикой женщина ничего заслуживающего внимания в них сделать не может. Возможно, он и прав, считая, что Эмили лишь пересказывала идеи Вольтера. Мне кажется, что такие утверждения неплохо доказывать, чего он делать даже не пытается.

Замечательно и то, что он последовательно сравнивает Эмили с Софьей Ковалевской (Соней Ковалевски в его восприятии). Он знает, что Ковалевской принадлежат важные и общеизвестные в соответствующих кругах научные результаты, но считает, что эти идеи Ковалевской подсказал ее учитель Вейерштрасс. Я, конечно, слышал об этой мысли, но не знал, как она сформировалась. Любопытно, что история Ковалевской и Вейерштрасса до некоторой степени напоминает историю Эмили и Вольтера. Вейерштрасс был безнадежно влюблен в свою ученицу, а Софья любила только математику. Честно говоря, это не увеличивает мой интерес к Ковалевской, но современные историки математики убедительно



доказали, что Ковалевская была оригинальным мыслителем, независимым от Вейерштрасса. Приятно, что Брандес и здесь ошибался.

Прочитав все это, я невольно вспомнил Аделаиду Борисовну Васильеву. Она была замечательным ученым, прекрасным учителем. Никому и в голову не приходило обсуждать степень оригинальности ее идей, хотя она сама с удовольствием рассказывала, что ее внимание к асимптотическим разложениям привлек ее учитель академик Андрей Николаевич Тихонов.

Мне кажется, что цепочка, вытянувшаяся от Эмили дю Шатле через Софью Ковалевскую к Аделаиде Борисовне Васильевой заслуживает внимания. Все-таки на масштабах столетий моральный прогресс общества хорошо заметен.

Встает вопрос — достигнут ли уже конечный результат на этом направлении? Видимо, еще нет. Мне кажется, что Аделаиду Борисовну можно и нужно было избрать академиком и в том, что этого не произошло, сыграло свою роль то, что она была женщиной. К счастью, это ее не очень задевало — она сама мне про это говорила. Так что пострадала скорее не Аделаида Борисовна, а Академия наук.

Вот какие мысли пришли мне в голову при чтении этой довольно скучной книжки.



Профессор Д.Д. Соколов



КАК ЖИЛИ СОЗДАТЕЛИ СОВЕТСКОГО АТОМНОГО ОРУЖИЯ*

Мой отец, Николай Гаврилович Швилкин, и мать, Ольга Болеславовна, работали в системе Министерства среднего машиностроения, с 1946 по 1950 годы — на объекте Арзамас-16, я там учился с 4-го по 6-ой класс. Вся жизнь этого объекта проходила у меня на глазах. Впоследствии, став физиком и сохранив интерес к атомной проблеме, я часто общался со многими участниками этой работы. Здесь я хочу поделиться своими личными наблюдениями и некоторыми сведениями, полученными от моих знакомых.



Швилкины Ольга Болеславовна и Николай Гаврилович. Советский атомный щит создавался и умом и руками моих родителей.

Ведущий научный сотрудник Б.Н. Швилкин



Создание атомного и термоядерного оружия в Советском Союзе велось в атмосфере строжайшей секретности. В мире мало что было известно об этом. Читателю, наверное, будет интересно познакомиться с той обстановкой, в которой протекала жизнь и работа атомщиков в так называемых зонах особого назначения. Объект, о котором пойдет речь, — Арзамас-16, являлся одним из центральных и располагается в городе Сарове. На этом объекте работали выдающиеся творцы советского атомного и термоядерного оружия: академики Академии наук СССР Яков Борисович Зельдович, Андрей Дмитриевич Сахаров, Юлий Борисович Харитон, член-корреспонденты АН СССР Николай Леонидович Духов и Кирилл Иванович Щелкин и другие.

Интенсивное строительство этого объекта началось вскоре после поступления из Соединенных Штатов Америки известия об испытании в 1945 году на полигоне Аламагордо бомбы огромной разрушительной силы, ибо у нас, в СССР, боялись монополии американцев на атомное оружие. В том же году американцы выпустили подробный официальный правительственный отчет о разработке своей атомной бомбы, составленный Генри Девульфом Смитом, под названием «Атомная энергия для военных целей».

Опубликованный в открытой печати, отчет содержал подробное изложение основных научных и технических аспектов атомной проблемы, но в интересах национальной безопасности США, как это было заявлено в предисловии генералом Лесли Гровсом, в нем отсутствовали конкретные технологические сведения. Отчет напоминал сборник задач, в котором формулировались условия и приводились ответы, но отсутствовали решения. Многочисленные технические трудности и дороговизна атомного проекта, казалось бы, должны были охладить желание любого правительства создавать в то время собственное атомное оружие. Это, однако, не остановило советское правительство разоренной войной с Германией страны.

Для строительства объекта, о котором идет речь, в центре России был выбран затерявшийся среди лесов и болот небольшой глухой провинциальный городок, который вместе с прилегающей к нему огромной территорией был превращен в зону особого назначения. Названия этого города не было ни на одной советской карте тех лет. Глушь, труднодоступность и удаленность от больших населенных пунктов до революции 1917 года привлекали туда монахов и паломников, особенно еще и потому, что здесь находился широко известный в России монастырь преподобного Серафима Саровского. Во время Великой Отечественной войны в этих местах размещался завод по производству снарядов для реактивных пушек «Катюш», секрет которых тщательно оберегался. Место во-



круг монастыря было объявлено на особом положении, многие монахи были арестованы, сосланы. Все подозрительные для властей люди задерживались. Видимо, все это и побудило руководителя Лаврентия Павловича Берию выбрать это место для строительства объекта особого назначения, одного из самых секретных объектов в Советском Союзе. Сотни квадратных километров лесного массива были обнесены рядами колючей проволоки с расположенными между ними взрыхленными контрольными полосами земли. Охрану «зон», как условно называлось все, что было внутри ограды, несла специальная дивизия, командовал которой полковник Гончаренко. На деревянных вышках вдоль проволочного заграждения круглосуточно стояли вооруженные часовые. Вдоль проволоки постоянно курсировали наряды солдат со служебными собаками.

Внутри зоны для прибывавших со всех концов страны на объект специалистов и их семей были сооружены два новых поселка, получивших названия: финский и ИТР (инженерно-технический работник). Финский поселок в основном был застроен однотипными финскими одноэтажными домиками, обставленными финской же мебелью. Построенный во вторую очередь поселок ИТР был более комфортабельным. Здесь люди жили в двухэтажных коттеджах и в двухэтажных восьмиквартирных домах. На строительство домов шел росший вокруг поселков строевой хвойный лес. Для приезжих детей сотрудников объекта была построена новая кирпичная школа. Раньше, чем повсюду в стране, на объекте были отменены карточки на продовольствие.

В те годы с объектом не было ни железнодорожного, ни автобусного сообщения. Люди добирались до объекта самолетом. Из Москвы туда регулярно летали преимущественно американские военно-транспортные самолеты «Дуглас», оставшиеся в Советском Союзе после Второй мировой войны. Американского производства были, по большей части, и автомобили на объекте: виллисы, доджи, джипы и грузовые студебеккеры. Наверное, существовавшие в то время советские автомобили вряд ли смогли бы беспрепятственно передвигаться по тамошним заболоченным дорогам, на которых часто встречались участки гати — лежащие поперек колеи бревна, по которым проезжали машины.

С большой строгостью производился отбор людей для работы на объекте. Специалисты, отобранные для работы на объекте, должны были обладать не только высокими профессиональными качествами, но они еще не должны были быть из «бывших», из раскулаченных и репрессированных. Они и их родные не должны были быть в плену и немецкой оккупации. Для выявления всех этих обстоятельств людей заставляли заполнять пространные анкеты, а сообщенные в них сведения тщательно проверялись сотрудниками госбезопасности.



Жители объекта были обязаны строго хранить государственную тайну, о чем с них брали подписку. Разглашение ее было делом далеко не безобидным. За разглашение тайны сильно пострадал заместитель начальника объекта Петр Андреевич Любченко. Его жена, прибывшая к мужу на объект и узнавшая, что муж изменял ей в ее отсутствие, устроила публичный скандал. Она громогласно заявила, что здесь делают бомбу, а ее неверный супруг, пользуясь секретностью, занимается развратом. Этого было достаточно, чтобы Любченко осудили на восемь лет заключения в исправительно-трудовых лагерях. Дело Любченко курировал генерал-лейтенант КГБ Павел Мешик — один из сподвижников Берии. Даже ближайшим родственникам нельзя было давать ни малейшего намека, где живет и какой работой занят сотрудник объекта.

Строго наказывали и за утерю секретного документа — «потерю бдительности». Молодой лейтенант-адъютант начальника объекта, генерала Павла Михайловича Зернова, потерявший какую-то важную бумагу, был немедленно разжалован и осужден на несколько лет тюрьмы. Срок заключения он отбывал в местном лагере.



Генерал П.М. Зернов

Выезд с объекта был строго ограничен и разрешался в основном только в служебных целях. В первые годы существования объекта все его



сотрудники свои отпуска проводили только внутри зоны. К их услугам был местный дом отдыха. Запрещалось даже фотографировать на улице, а если кто-то этим запретом пренебрегал, то у него немедленно изымалась пленка и тут же засвечивалась.

Все объекты внутри большой зоны — такие, как административный корпус и заводы, также были ограждены заборами и колючей проволокой и тщательно охранялись. Каждое подразделение — будь то лаборатория или отдел — изолировались друг от друга. Проход в любое подразделение разрешался только его сотрудникам. Ходить везде разрешалось только самым высоким начальникам, число коих было невелико. Считалось, что такой режим предотвратит утечку секретов.

Разработанная в зоне система безопасности требовала большого аппарата сотрудников спецслужбы. Были среди них и контрразведчики из СМЕРШа. К некоторым ученым были приставлены телохранители. Рассказывали, что на аналогичном объекте на Урале произошел печальный случай. Во время прогулки навстречу идущему по парку академику Исааку Кушелевичу Кикоину из кустов внезапно выскочил решивший попугать его безоружный человек с криком: «Сейчас застрелю!» Охранник мгновенно выхватил пистолет и застрелил шутника. Состоялся суд, и хотя телохранителя оправдали, он немедленно покинул объект.

Сотрудникам объекта не разрешалось вести деловые записи в личных блокнотах. Нарушение этого запрета грозило большими неприятностями. Одним из нарушителей был Андрей Дмитриевич Сахаров. Однако поскольку он занимал тогда уже высокое служебное положение, то местное начальство спецотдела не могло заставить его подчиниться общим для всех правилам. Не смогло сломить его упрямства и вызванное для беседы с ним московское начальство. Пришлось разрешить ему вести записи в личном блокноте, но так, чтобы понимать их содержание мог только он сам.

Однако, несмотря на все строгости режима, ходили слухи, что на объект все-таки пробрался американский шпион. Подозревался в этом дядя Эдика Лабби — эстонского мальчика, с которым я учился в одном классе и сидел за одной партой. Звали дядю Эдика Дмитрий Евлампиевич Стельмахович. На объекте он работал старшим научным сотрудником. Шпионом его объявили сразу после того, как он застрелился из охотничьего ружья. После гибели Стельмаховича его жена Дина и племянник были незаметно удалены с объекта. Был ли Стельмахович на самом деле шпионом или нет, так и осталось неясным. Скорее всего, что нет. Просто в атмосфере шпиономании и всеобщей подозрительности тех лет режимные органы объекта, наверное, хотели показать свое профессиональное мастерство в «разоблачении врагов».

*А.Д. Сахаров*

Известен и еще один случай, который, как некоторые считают, не мог произойти без участия шпиона. После первого успешного испытания атомной бомбы Игорь Васильевич Курчатов привез с полигона подробный отчет для правительства. В Москву он прибыл в воскресенье и для того, чтобы положить отчет в закрытое особо секретное помещение ЛИПАНа в Покровском-Стрешневе, ему бы понадобилось затратить много времени. Поэтому Игорь Васильевич не стал этого делать, а отнес секретный отчет прямо домой начальнику режима института, который, как и многие из руководящего персонала, жил неподалеку от института в отдельном коттедже. А на следующее утро начальник был найден в своем коттедже убитым из винтовки. Предназначенная для него пуля прилетела в комнату через окно. Секретный отчет оказался целым и невредимым. История с убийством начальника режима породила версию, что убит он был шпионом, а материалы секретного отчета были пересняты на фотопленку и переправлены в Соединенные Штаты Америки.

Проволокой внутри большой зоны были ограждены и лагерь заключенных, физический труд которых широко использовался на объекте. Утром из лагеря, а вечером в лагерь шли они колоннами под охраной вооруженных солдат, некоторые из которых вели с собой собак. Места работы заключенных, в обиходе именуемые «внутренними зонами», так же, как и места работы «вольных» творцов атомной проблемы, обносились колючей проволокой со сторожевыми вышками и контрольной полосой. Это были своего рода «зоны» в «зоне». Таким образом, заключенные отличались от «вольных» тем, что первые были постоянно отгорожены от внешнего мира двумя зонами, а вторые — в нерабочее время только одной.



Во время строительства поселок ИТР тоже был обнесен колючей проволокой, и долгое время внутри этой зоны днем одновременно находились и жители поселка уже построенных и заселенных домов, и заключенные — строители новых домов. Иногда к охране заключенных привлекали самих же заключенных, которым в этом случае начальство доверяло винтовки, но их одежда практически не отличалась от одежды тех, кого они охраняли. Некоторые из заключенных были расконвоированы и ходили из лагеря и в лагерь без охраны.

Кормили заключенных плохо. Постоянно они искали возможность что-нибудь поесть. Любимым их лакомством были жаренные на костре речные ракушки. Во время работы в жилых поселках заключенные иногда залезали в частные квартиры. Однажды залезли они и к нам. В кастрюле с топленым маслом остались следы их пальцев. Второпях голодные люди хватали полужидкое масло пригоршней и ели. Были среди заключенных и женщины, хотя их было не так много, как мужчин. Среди них там находилась расконвоированная женщина-архитектор Ольга Константиновна Ширяева, которая очень понравилась Якову Борисовичу Зельдовичу. Видя, что его симпатии к этой женщине растут, власти выслали ее за пределы «зоны» в другой лагерь.



Я.Б. Зельдович

Власти пытались воспитывать жителей объекта, как это было принято в те годы, в духе марксистско-ленинской идеологии. Этой задачей за-



нимались работники политотдела, которые должны были контролировать моральный облик сотрудников объекта. Взрослые люди всерьез обсуждали, например, вопрос, каким будет человек при коммунизме, и приходили к общему выводу о том, что поскольку в процессе продвижения к коммунизму роль интеллектуального фактора будет усиливаться, а роль физического в результате механизации трудоемких процессов ослабевать, то у человека будет увеличиваться размер головы, а руки станут дряблыми.

Применять к собранному на объекте контингенту людей, к тому же занятых важнейшей государственной работой, стандартные методы воспитания было невозможно. Ученых вообще власти старались оставить в покое. Они хоть и жили, как заключенные, за колючей проволокой зоны, но были относительно свободны. Так, в те годы имя великого русского певца, не признавшего «Советы», Федора Ивановича Шаляпина было предано забвению, а вот на объекте из настежь открытых окон одной из квартир далеко разносился по улице могучий голос певца. Проходившие мимо люди останавливались и подолгу слушали редкие для тех времен пластинки. В Москве в те годы подобное было невозможно.

Возникшая внезапно зона привлекала внимание жителей окрестных сел. Не имея возможности проникнуть за колючую проволоку таинственного объекта и зная по слухам о хороших бытовых условиях в закрытом городе в голодное послевоенное время, местные жители сочинили свою версию. Они считали, что там проходит экспериментальную проверку сталинская теория строительства новых коммунистических городов и что этот закрытый город и является первым испытательным полигоном этой теории.

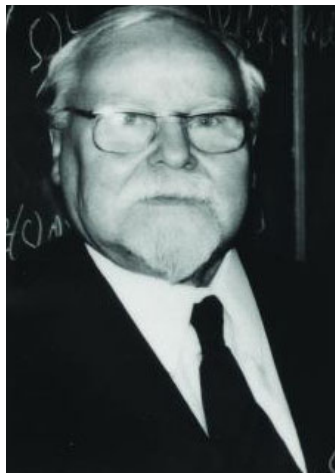
Объект особого назначения, как и атомный проект в целом, курировал шеф НКВД Лаврентий Павлович Берия и часто посещал его. Однажды я видел его совсем близко, стоящим на площади недалеко от административного корпуса и беседовавшим с генералом Павлом Михайловичем Зерновым. Будь я художником, я и теперь, спустя более чем семьдесят лет, мог бы нарисовать его портрет. Небольшого роста, плотный, в новом сером костюме, который тогда почему-то называли «в искорку», в золоченом пенсне, под которым видны были колючие брови. Запомнился пронзительный взгляд этого человека. Когда я спросил отца, кого это я видел, он сказал мне, что это был Л.П. Берия.

Берия не только посещал объект. Он был и среди многочисленных испытателей при первом в Советском Союзе ядерном взрыве. Ударной волной была распахнута дверь в командном пункте, где он находился вместе с другими руководителями испытаний. После взрыва Берия и сопровождающие его лица поехали на легковых автомобилях смотреть результаты разрушений, не имея даже индивидуальных средств защиты.



Вслед за успешным испытанием атомной бомбы последовало щедрое награждение участников атомного проекта^{**}. Заслуги многих из них отмечались Сталинской премией. Некоторых удостоили премии первой степени, которая в том случае, если она вручалась атомщикам, давала им большие права по сравнению со всеми другими категориями ученых. Поскольку считалось, что их жизнь в основном протекает на объектах в удалении от дома и семьи, то им разрешался бесплатный проезд на поездах и самолетах в любом нужном им направлении. Это было, конечно, исключительной привилегией, получившей шуточное название «ковер-самолет». Он мог доставить лауреатов в любые точки огромной страны, но без разрешения не мог перенести их через колючую проволоку зоны особого назначения. За успешное создание первой советской атомной бомбы было награждено большое число участников атомного проекта. Только в Арзамасе-16 семерым участникам работ было присвоено звание Героев Социалистического Труда, четырнадцать человек были награждены орденом Ленина, четырнадцать человек орденом Трудового Красного Знамени, многие были удостоены Сталинской премии.

Тридцать два ведущих сотрудника из общего числа награжденных по стране, написали благодарственное письмо И.В. Сталину. Среди них подписи под письмом поставили декан физического факультета Василий Степанович Фурсов, сотрудники факультета академики Яков Борисович Зельдович и Андрей Николаевич Тихонов.

*В.С. Фурсов**А.Н. Тихонов*



Первой в благодарственном списке награжденных стояла подпись Лаврентия Павловича Берии, за ней следовали подписи И.В. Курчатова, Ю.Б. Харитона, Я.Б. Зельдовича, среди подписантов значился и Л.Д. Ландау.

В итоге за работы по атомному проекту пятеро из восьми ученых и инженеров-атомщиков Арзамаса-16 стали трижды Героями Социалистического Труда. Это ровно половина из шестнадцати трижды Героев — граждан СССР, удостоенных такого звания за всю историю существования Советского государства.

Примечания Главного редактора:

* Статья приведена с небольшими изменениями. Первоначальный вариант смотри в "Независимой газете" 26.01.2021.

** При вручении И.В. Курчатову звезды Героя Социалистического Труда И.В. Сталин сказал: «Если бы мы опоздали на один-полтора года с атомной бомбой, то, наверное, „попробовали“ бы её на себе».

СВОИ ЛЮДИ





Четыре года тому назад учебный отдел доверил мне стать начальником первого курса. Что конкретно входит в обязанности начальника курса, можно изложить лишь в многотомной должностной инструкции. Но в целом круг обязанностей я понимал, держа в голове пример начальника курса, на котором студентом был сам.

В предыдущей статье («Советский физик» №149/3) я уже рассказывал о неоценимой помощи и поддержке коллективов учебного отдела и кафедры акустики. Во многом благодаря этой поддержке, за четыре года студенты из недавних школьников выросли до качественно нового уровня. Большинство продолжит обучение в магистратуре. Настало время вспомнить о том, как пролетели наши четыре года, рассказать о курсе и главных мероприятиях, которые мы проводили вместе.

В самом начале возникла очень важная задача: подготовка к началу первого учебного года. Нужно было распределить около четырёх сотен первокурсников по 18 группам. И здесь мне очень помогли сами ребята, хотя мы с ними тогда ещё даже не были знакомы. Одна из групп была сформирована сразу же, поскольку студенты этой группы выбрали обучение по специальности «астрономия». Две группы — это студенты, которые знали своих преподавателей ещё со школьной скамьи и решили продолжить обучение с ними. Ну а дальше — творческий процесс. Мальчики и девочки, иногородние и москвичи. Соотношение должно примерно совпадать во всех группах, да ещё и пожелания самих первокурсников обязательны к исполнению. Никаких однофамильцев в группе. Правда, девочку и мальчика с одинаковой склоняемой фамилией мне простили. Но даже когда дело было сделано, мы всю ночь накануне собрания первокурсников вносили коррективы в списки групп и уточняли, кто станет старостой. И всё для того, чтобы группы были дружными и учиться было комфортно.

В начале сентября мои первокурсники пригласили меня за город в лес. В ту далёкую эпоху, когда реального и очного было больше, чем виртуального и дистанционного, каждую осень на одной из подмосковных опушек на живописном берегу реки проходило посвящение в первокурсники. Ребята оказались стойкими, разобрались, как ставить палатки и разжигать костры, готовить еду на настоящем огне и согреваться в осеннем стылом лесу. Это первое всеобщее и неформальное мероприятие для студентов всего курса. И для меня посвящение фактически стало первой возможностью пообщаться со всеми, увидеть не сухие статистические таблицы, не испуганные глазки на собрании первокурсников, а людей со своими историями, взглядами и эмоциями.

Студент — это фактически профессия. Даже в трудовую книжку отметку ставят. И для того, чтобы права студентов соблюдали, а во время



учёбы все были защищены, как и во всех профессиях, существует профсоюз. Составляют, а точнее, избирают его сами студенты. И для этого каждый год проходит профучёба и конкурс, на котором выбирают студенческих лидеров. На этих мероприятиях начальник курса играет различные роли в нескольких профессиональных конкурсах для студентов, а затем в режиме открытого микрофона отвечает на вопросы по поводу занятий, сессии и условий, в которых находятся студенты. Уже на первом таком мероприятии я убедился, что на курсе учатся активные и талантливые студенты, которые способны выучиться, постоять за себя, и, что наиболее ценно, оказать помощь и поддержку товарищам.

Не всегда, впрочем, удаётся ограничиться помощью и поддержкой внутри студенческого коллектива. Особенно во время сессии. Некоторые студенты хотят и могут показать результаты лучше, чем получилось на экзамене. И как только возникали малейшие сомнения, мы со студентами незамедлительно связывались с преподавателями. Встречались, вместе изучали записи в листах ответа, обсуждали ошибки. Вещь серьёзная. Действующее законодательство позволяет сдавать зачёт и экзамен не более трёх раз. Правда, оказалось, что даже некоторые преподаватели толком не понимают эту норму. Кто-то наобещал студентам, что можно только попросить — и учебный отдел пойдёт на нарушения и предоставит столько попыток, сколько заблагорассудится. Приходилось проводить разъяснительную работу и со студентами, и с преподавателями буквально перед каждым экзаменом. *Dura lex, sed lex*. Но зато все свои законные пересдачи студенты получили. Особенную радость это принесло тем, кто в результате получил диплом с отличием.

Кроме учёбы мы вместе с курсом занимались спортом и участвовали в полезных конкурсах. Всем общежитием делали утреннюю зарядку. Студенты активно участвовали в профильных турнирах. Почти каждый семестр было несколько заявок на участие в выездных мероприятиях. На конкурс курсовых работ мои студенты подали так много ярких и интересных, а главное — важных для науки работ, что конкурсная комиссия изучала и обсуждала работы заочного тура целых три дня! Да и в очном туре выделить победителей было настолько трудно, что приняли решение отдать вторые и третьи места сразу нескольким претендентам. Гладко прошло распределение по кафедрам. Каждый попал в ту лабораторию, в которой хотел заниматься научной работой. И каждой кафедре хватило студентов. Только после распределения по кафедрам мы встретились с моими студентами на занятиях. Безусловно, моя группа чувствовала особую ответственность, занимаясь у начальника курса. Безусловно, и я ощущал повышенную ответственность. Именно поэтому с моими студентами занятия проходили особенно интересно. Мы успели освоить основ-



ную часть курса, а с некоторыми разобрали и дополнительные задания. И, похоже, по данной дисциплине должников не было: все отчитались в срок.

Ещё когда я только собирался стать начальником курса, меня предупредили: только четыре года они будут студентами. А потом они станут своими людьми повсюду. Оказалось, что ещё студентами они стали своими людьми. Ответственными помощниками в учебной работе и при приёме абитуриентов, ответственными волонтерами в наше беспокойное время, ответственными студенческими лидерами и групповодами. До глубины души тронул случай, когда одна из моих студенток, Юлия, сама нашла меня и предложила помощь.

Приятно, что большинство студентов, с которыми мы провели эти незабываемые четыре года, приняли участие в универсиаде, стали победителями и без вступительных экзаменов в новом учебном году приступят к занятиям в магистратуре физического факультета! Многие из тех, кто не победил в универсиаде, успешно сдали вступительные испытания и тоже готовы стать первокурсниками нашей магистратуры. А это значит, что свои люди остаются с нами! И через несколько лет, которые пролетят стремительно, свои люди будут открывать новые горизонты в науке!



Крит Т. Б., начальник IV курса



О ВНЕСЕНИИ ИЗМЕНЕНИЙ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ ЗАКОНОДАТЕЛЬСТВО РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ В ЧАСТИ ПОДГОТОВКИ НАУЧНО- ПЕДАГОГИЧЕСКИХ КАДРОВ В АСПИРАНТУРЕ

*(Продолжение, начало —
«СОВЕТСКИЙ ФИЗИК» № 2(143), 2020)*

В соответствии с указом президента 2021 год объявлен Годом науки и технологий. Поэтому вопрос о необходимости принятия системных решений в части формирования кадрового потенциала науки и наукоемких отраслей экономики приобретает особую актуальность. Тем более что реформа аспирантуры как третьего уровня высшего образования, подкрепленного Федеральными государственными образовательными стандартами (далее ФГОС), как это было определено в федеральном законе «Об образовании в Российской Федерации», оказалась неудачной. Аспирантура демонстрирует устойчивое понижение как объемов подготовки кадров, так и показателей её эффективности. Имеет место не только сокращение приема, но и увеличение отсева аспирантов в ходе обучения. Происходит падение количества защит диссертаций, снижение качества защищенных диссертаций.

Поэтому в связи с уточнением требований к программам подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре Федеральным законом от 30.12.2020 № 517-ФЗ «О внесении изменений в Федеральный закон «Об образовании в Российской Федерации» (далее ФЗ) были закреплены изменения Федерального закона от 29.12.2012 № 273-ФЗ «Об образовании в Российской Федерации».

В результате главной задачей аспирантуры снова является подготовка не только научно-педагогических, но и научных кадров высшей квалификации. В то же время аспирантура сохраняет статус одной из образовательных программ высшего образования. Остается неясным, до какой степени исследовательская функция аспирантуры будет замещена образовательной. Сложно и запутанно всё получается. Поэтому вряд ли стоит ожидать простых решений.

Одновременно изменился порядок разработки программ подготовки кадров высшей квалификации в аспирантуре:

- ✓ Решено отказаться от ФГОС и как следствие от государственной аккредитации программ аспирантуры, сохранив все академические права обучающихся по указанным программам, в т. ч. право на от-



срочку от призыва на военную службу. К программам подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре (адъюнктуре) устанавливаются федеральные государственные требования (ФГТ)¹.

- ✓ Введено понятие самостоятельно устанавливаемых образовательными организациями высшего образования требований к программам подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре как обязательных требований к программам подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре.
- ✓ Государственная итоговая аттестация по программам заменяется итоговой аттестацией. Итоговая аттестация по программам подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре проводится в форме оценки диссертации на соискание учёной степени кандидата наук на предмет её соответствия критериям, установленным в соответствии с Федеральным законом «О науке и государственной научно-технической политике». Таким образом, возвращается обязательная предзащита диссертаций как составляющая аспирантской программы. Главный акцент теперь делается не на освоении образовательных программ и получении диплома об окончании аспирантуры (адъюнктуры), а на защите диссертации. Предзащита становится главным критерием успешной итоговой аттестации. Предусматривается также возможность досрочной защиты диссертации до завершения срока обучения в аспирантуре.
- ✓ В случае успешного прохождения итоговой аттестации выпускнику аспирантуры выдаётся заключение о соответствии диссертации на соискание учёной степени кандидата наук критериям, установленным в соответствии с Федеральным законом «О науке и государственной научно-технической политике», и свидетельство об окончании аспирантуры. Тем самым вводится новая модель реализации программ подготовки научных и научно-педагогических кадров в

¹ФГТ уже утверждались Приказом Министерства образования и науки Российской Федерации (Минобрнауки России) от 16 марта 2011 г. N 1365 г. Москва и состояли из двух частей. В первом содержательном разделе были прописаны положения по структуре образовательной программы. Во втором разделе собраны требования к условиям реализации образовательной программы в процессе обучения. Образовательный стандарт содержит в себе разделы ФГТ и плюс еще третий раздел. В третьем целевом разделе образовательного стандарта прописаны требования к результатам усвоения изучаемой на определенном уровне образования программы. Но помимо этого раздела с требованиями есть и другие отличия. Например, стандарты давали больше возможностей работать самостоятельно.



аспирантуре, позволяющая считать предзащиту диссертации окончанием аспирантуры.

- ✓ Новый ФЗ впервые с момента учреждения института аспирантуры в стране требует установления порядка сопровождения лиц, успешно прошедших итоговую аттестацию по программе аспирантской подготовки, вплоть до представления ими диссертации на соискание ученой степени кандидата наук к защите в диссертационном совете.
- ✓ Планируется подготовить в течение 6 месяцев со дня принятия Федерального закона необходимые нормативно-правовые акты для его исполнения. Новый ФЗ вступит в силу с 1 сентября 2021 года. Установлены сроки прекращения приема в организации, осуществляющие образовательную деятельность, для обучения по программам подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре в соответствии с федеральными государственными образовательными стандартами или образовательными стандартами (с 2022/23 учебного года).
- ✓ ФГТ к программам подготовки научно-педагогических кадров вместе с порядком проведения итоговой аттестации утверждает Минобрнауки РФ. Порядок разработки образовательных программ для аспирантуры и контроля их исполнения устанавливает Правительство РФ.

По мнению Комитета Совета Федерации по науке, образованию и культуре, принятие нового ФЗ будет способствовать усилению научной составляющей работы аспирантов и ее результативности, повышению качества подготовленных диссертаций на соискание ученой степени.

«Мы движемся в правильном направлении, но нам надо решать вопросы, связанные с реальной востребованностью науки и с финансированием науки на том уровне, который отвечает развитию цивилизации XXI века», — заключил В. Никонов.

Отправляясь от выше высказанного тезиса, следует обозначить трудности реформирования высшего образования и ключевые вопросы, решение которых могло бы способствовать успешному разрешению проблем подготовки кадров высшей квалификации.

Главной задачей аспирантуры остается углубление профессиональной подготовки аспирантов на базе регулярного, систематического обучения, формирование их как носителей новых научных подходов и концепций. Насыщение науки и образования, других отраслей народного хозяйства кадрами высшей квалификации, обладающими исследовательскими умениями и навыками. Отсюда — проблема совершенствования



исследовательской функции аспирантуры, повышение качества научной работы аспирантов.

К трудностям, возникающим при решении этой задачи, относятся:

- Неудовлетворительное состояние вузовской науки, сопровождающееся ослаблением исследовательской деятельности в большинстве университетов. Вымывание научной составляющей образовательных программ высшей школы.
- Снижение престижа высшего образования и престижа научных исследований, а как следствие — падение престижа профессий преподавателя высшей школы и учёного.
- Низкая заинтересованность научных руководителей и аспирантов в защите диссертации. Снижение качества защищаемых диссертаций.
- Недостаточность финансирования подготовки аспирантов: проблема аспирантских стипендий и как результат непрофильная трудовая занятость аспирантов. Фактическое превращение очной аспирантуры в заочную при сохранении «очных» сроков обучения.
- Снижение уровня оплаты научных руководителей аспирантов.
- Неготовность выпускников высшей школы к проведению научных исследований. Проблема академического развития поступающих в аспирантуру.
- Проблема трудоустройства выпускников аспирантуры. Значительная часть выпускников аспирантуры трудоустраиваются за пределами сферы образования и науки.
- Усиление рыночной составляющей в подготовке аспирантов. Ученые степени теряют внутреннюю самооценку и приобретают товарные черты.
- Отрыв подготовки научно-педагогических кадров и научной аттестации соискателей ученой степени.

Очевидно, что институт отечественной аспирантуры нуждается в безотлагательном, но глубоко продуманном переустройстве, тем более что неоднозначность нововведений последних лет придаёт рассматриваемой проблеме особую значимость.

Что делать?

На уровне образовательных и научных организаций:

- повышение качества набора в аспирантуру;



- заполнение пробелов в образовании студентов специалитета и магистратуры путем насыщения образовательных программ высшей школы наукоёмкой составляющей, отражающей современное состояние науки;
- совершенствование системы непрерывного образования путем обеспечения преемственности образовательных программ различного уровня, вплоть до интегрирования специалитета и аспирантуры, магистратуры и аспирантуры на основе индивидуализации образовательных траекторий;
- совершенствование института научного руководства аспирантами, включая педагогическую подготовку научных руководителей аспирантов;
- решение социальных проблем аспирантов: стипендия, условия работы и проживания;
- привлечения вузами аспирантов к работе над оплачиваемыми научными и прикладными проектами. Повышение практической значимости научно-исследовательской работы аспирантов.
- На государственном уровне:
- совершенствование нормативно-правового обеспечения аспирантуры, уход от фронтальных решений; переход к разнообразию аспирантских программ; создание исследовательской, профессиональной аспирантуры; формирование вариативной аспирантуры с ориентацией структуры и содержания подготовки аспирантов на различные виды профессиональной занятости выпускников; научно-педагогическая аспирантура как частный пример профессиональной аспирантуры;
- сопряжение подготовки и аттестации выпускников аспирантуры; уход от разделения подготовки и аттестации научных и научно-педагогических кадров;
- возрождение научных школ, активное включение аспирантов в профессиональную научную среду; создание массива «постаспирантских» программ, исследовательских проектов с целью обеспечения высокого качества подготовки кандидатов наук как состоявшихся молодых учёных с высокой исследовательской квалификацией;
- интегрирование образовательных ресурсов высшей школы, научного потенциала РАН и отраслевых научно-исследовательских институтов; создание сетевых аспирантур;



- переход к более гибким публикационным требованиям для защиты кандидатской диссертации в срок или увеличение нормативных сроков обучения;
- повышение престижа профессий учёного и преподавателя одновременно с повышением престижа учёных степеней.

Становление новой модели подготовки научно-педагогических кадров должно сопровождаться формированием единого научно-образовательного пространства страны, но в то же время отличаться широким многообразием программ подготовки аспирантов, их индивидуализацией.



*Заслуженный работник высшей школы,
профессор В.С. Сенашенко*

К ВЫХОДУ 150-ГО НОМЕРА ГАЗЕТЫ «СОВЕТСКИЙ ФИЗИК», ВЫПУЩЕННОГО ДЕЙСТВУЮЩИМ СОСТАВОМ РЕДАКЦИИ

*(Отчет о работе редакции газеты
за период 11.1997–09. 2021 гг.)*

Дорогой читатель, Вы держите в руках, читаете в сети или стоите перед настенным вариантом юбилейного стопятидесятого номера газеты «Советский физик», выпущенной нашей редакцией.



Двадцать четыре года назад (в ноябре 1997 г.) Ученый Совет физического факультета поручил мне возглавить редакцию нашей настенной газеты «Советский физик».

Первый номер газеты нашим составом редакции был выпущен 29 декабря 1997 года! Используя красивый предлог — выпуск стопятидесятого номера газеты, редакция газеты «Советский физик» представляет вниманию читателей краткий отчет о работе за прошедшие годы. (Для чего, по мнению членов редакции, нужны отчеты, на страницах газеты будет обязательно рассказано — на примере организации эвакуации детей из санаториев на Северном Кавказе через Главный Кавказский хребет во время Великой Отечественной войны. Этот подвиг заслуживает специального рассказа, который появится в нашей газете позже.)

Подробный предыдущий отчет о работе редакции был представлен в сотом номере газеты — №3(100)/2013.

За отчетный период было сделано следующее:

1. Сформирован работоспособный коллектив редакции, который работает уже 24 года. Ныне в состав редакции газеты «Советский физик» входят: Наталия Николаевна Никифорова, Владимир Леонидович Ковалевский, Надежда Валерьевна Губина, Майя Константиновна Савина. Большую помощь в выпуске газеты оказывают Ольга Владимировна Салецкая, Ирина Анатольевна Силантьева, Артем Денисович Пашкин. В газете помещаются фотографии нашего фотографа Сергея Алексеевича Савкина. Хочу пользуясь случаем, поблагодарить своих соратников за то удовольствие, которое я получаю от работы с ними.
2. Организован регулярный выпуск газеты. Периодичность издания составляет 5–7 номеров в год. Выпущено 150 номеров газеты. Были организованы спецвыпуски газеты, посвященные юбилею ССО, М.В. Ломоносову, отделению геофизики и т.п.
3. С 1998 г. начат выпуск не только настенного варианта газеты, но и журнального.
4. Организован выпуск электронного варианта газеты, который представляется на сайте физфака, в соцсети «ВКонтакте».
5. В 2007–2013 г. проводился дополнительный выпуск газеты в многотиражном варианте. Ко Дню Победы газета выпускалась в цветном варианте в формате А3. Сформирован архив газеты за 24-летний период.

В настоящее время газета выходит в трех вариантах:



- настенном,
- электронном,
- журнальном.

6. Изданием газеты не ограничивается деятельность редакции. Наличие электронных вариантов позволяет выпускать по материалам газеты различные сборники.

2004 год. К 70-летию физического факультета и 250-летию МГУ был выпущен сборник «"Советский физик". Избранные материалы 1998–2004 гг.».

2005 г. Было осуществлено два издания сборника «Проблемы образования глазами "Советского физика" 1998–2005 гг.», в которых собраны материалы из газеты по проблемам образования.

2006 г. — выпущен сборник «Люди физфака», содержащий статьи «Советского физика», посвященные сотрудникам, студентам и аспирантам физического факультета за период с 1998 по 2005 г.

2010 г. — выпущен первый сборник «Физфаковцы», продолжающий сборник «Люди физфака».

2012 г. — выпущен итоговый сборник «Физфаковцы», содержащий статьи за период с 1998 по 2011 г.

2015 г. — выпущен сборник «Физфаковцы и Великая Отечественная война».

2018 г. — выпущен сборник «Физфаковцы», содержащий статьи за период с 2011 по 2017 г.

2018 г. — выпущен сборник «Физфаковцы в комсомоле и ССО».

2019 г. — выпущен отредактированный и дополненный вариант сборника «Физфаковцы в комсомоле и ССО».

2020 г. — выпущен дополненный сборник «Физфаковцы и Великая Отечественная война».

2020 г. — выпущен сборник «Советский сверхчеловек. По материалам газеты "Советский физик"».

2021 г. — выпущен сборник «М.В. Ломоносов в "Советском физике"». По материалам газеты "Советский физик"».

С 2018 г. начат выпуск «Ежегодника "Советского физика"». Ежегодник содержит все номера года.

Многие сотрудники факультета, не ссылаясь на свою занятость, регулярно поставляют материал для газеты. Хочу выразить им, а так же нашим читателям глубокую признательность и надеюсь на их активное дальнейшее участие в работе нашей газеты.



В редакции есть планы по дальнейшему совершенствованию газеты. Для их реализации нужны креативные молодые люди.

Ждем!



*Главный редактор газеты
«Советский физик» К.В. Показеев*

СОВЕТСКИЙ ФИЗИК

5(151)/2021

(ноябрь)



ОРГАН УЧЕНОГО СОВЕТА, ДЕКАНАТА
И ОБЩЕСТВЕННЫХ ОРГАНИЗАЦИЙ
ФИЗИЧЕСКОГО ФАКУЛЬТЕТА МГУ
2021



ПОЗДРАВЛЕНИЕ ДЕКАНА ФИЗИЧЕСКОГО ФАКУЛЬТЕТА МГУ Н.Н. СЫСОЕВА С ДНЕМ НАРОДНОГО ЕДИНСТВА

Дорогие преподаватели, аспиранты, студенты и все работники физического факультета!



Поздравляю вас с Днем народного единства!

Этот важнейший государственный праздник объединяет нас всех в едином патриотическом стремлении сберечь и преумножить духовные и культурные ценности, величайшее научно-образовательное наследие, оставленные нам предками, и передать их следующим поколениям.

День народного единства появился в перечне государственных праздников недавно – в 2005 году. Однако он отражает и символизирует важнейшие моменты нашей истории. Еще в детстве мы познакомились с преданиями и сказами, в которых говорилось о важности единства в семье, обществе и государстве. Многовековой опыт крестьянской общины привил русскому народу представление о важности единства в труде и борьбе со стихийными бедствиями.

Восемьдесят лет назад единство советского народа было той основой, той главной силой, которая привела к разгрому немецких захватчиков под Москвой, а затем и к Победе в Великой Отечественной войне.

Сотрудники, студенты и аспиранты нашего университета всегда отличались гражданской инициативой, ответственностью, трудолюбием и неустанной работой по выполнению наиважнейшей миссии — просвещения.

Нелегкие времена пандемии как никакие другие требуют от нас единства и солидарности, вместе мы победим и ковид-19.

В этот знаменательный день от всей души желаю вам крепкого здоровья, стабильности, благополучия, уверенности в своих силах и в завтрашнем дне, мира и взаимопонимания в семье и в коллективе!

Успехов нам всем в труде на благо нашего университета, а значит, и на благо нашей любимой Родины!

Не забывайте, что наша сила — в единстве!

*Декан физического факультета МГУ
профессор Н.Н. Сысоев*



МГУ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНО УЛУЧШАЕТ ПОЗИЦИИ В МИРОВЫХ РЕЙТИНГАХ ВУЗОВ

МГУ – в топ-20 лучших вузов мира по показателю «Образование» рейтинга THE

МГУ имени М.В. Ломоносова занял 19 место в мире по показателю «Образование» рейтинга лучших университетов мира Times Higher Education (THE) World University Ranking – 2022, поднявшись на две строчки.

По общему значению Московский университет также значительно укрепил свои позиции, получив от международной команды экспертов первое место среди российских вузов и 158 место в мире, поднявшись за год на 16 позиций.

Не менее позитивная динамика достигнута МГУ и по таким важным для академической репутации показателям, как «Исследования» (50 место, рост на 5 позиций) и «Связь с индустрией» (24 место, рост на 16 позиций).





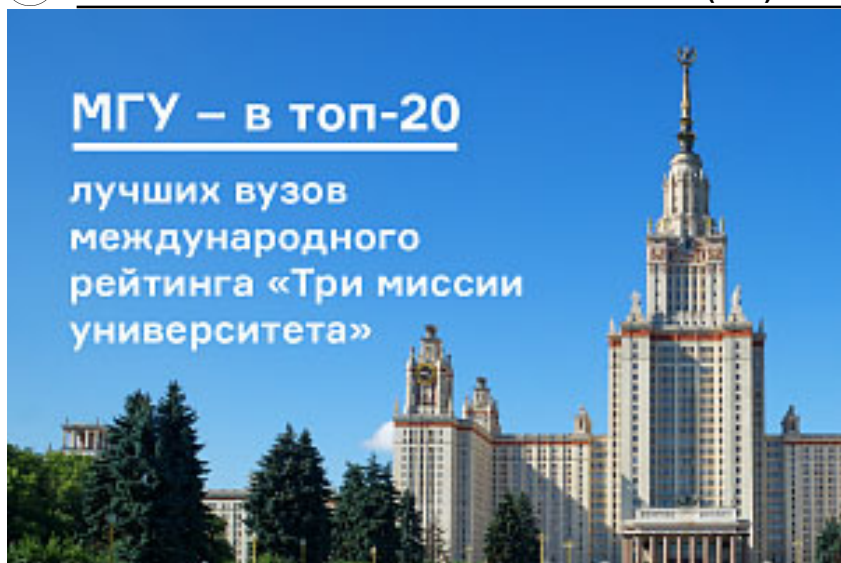
«Московский университет продолжает поступательное движение вверх в международных рейтинговых системах университетского образования. Это отражает как усилия университета по развитию научно-образовательного потенциала, так и определенную переоценку потенциала российской высшей школы. Мы видим, что в международных рейтингах растет и количество отечественных университетов, и их экспертные оценки. Для Московского университета актуальный рейтинг Times Higher Education говорит об эффективности стратегии университета, выраженной как в уже реализованной, так и в новой десятилетней программе его развития. Уже сейчас значительный вклад в укрепление потенциала МГУ вносят и междисциплинарные научно-образовательные школы, и созданные на базе университета международные научные центры. 1 сентября начал свой первый учебный год новый филиал МГУ в городе Сарове Нижегородской области, который мы проектируем как мощный естественнонаучный образовательный и исследовательский кластер. Устойчивое развитие университета в период пандемии, успешная работа преподавателей, учёных и студентов позволяет нам укреплять наше положение в ведущих международных рейтингах», – прокомментировал итоги рейтинга ректор МГУ академик В.А. Садовничий.

<https://www.msu.ru/news/mgu-v-top-20-luchshikh-vuzov-mira-po-pokazatelyu-obrazovanie-reytinga-the.html>

МГУ вошёл в топ-20 лучших вузов рейтинга «Три миссии университета»

Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова занял 19-ю строчку Московского международного рейтинга вузов «Три миссии университета». Всего число вузов, представленных в рейтинге, увеличилось в 2021 году до 1650. По этому параметру рейтинг является самым представительным в мире. В список лучших вошли вузы из 97 стран мира. Россия сохранила позиции в тройке мировых лидеров по представленности в рейтинге (112 университетов), уступив лишь США и Китаю (239 и 144 университета, соответственно).

В рейтинг вошли образовательные учреждения из 39 субъектов Российской Федерации. Наибольшее количество сильных вузов сосредоточено в Москве — 33 университета, далее следуют Санкт-Петербург (11 вузов), Томская область и Татарстан (по 5 университетов), а также Самарская область (4 вуза). В топ-100 рейтинга представлены три российских участника — Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова (19-е место), Санкт-Петербургский государственный



университет (36-е место) и Московский физико-технический институт (44-е место).

«Рейтинг “Три миссии университета” зарекомендовал себя как надёжный инструмент, показывающий реальные позиции российских университетов на фоне их глобальных конкурентов, — отметил президент Российского союза ректоров, ректор МГУ имени М.В.Ломоносова В.А. Садовничий. — Пользующийся растущим авторитетом в международном академическом сообществе рейтинг “Три миссии университета” в 2021 году получил официальное признание Правительства России — он учитывается при отборе зарубежных образовательных и научных организаций, чьи дипломы не нужно подтверждать в России, а кроме того, рейтинг включен в госпрограмму “Научно-технологическое развитие РФ”».

«В 2021 году РСР инициировал масштабные обсуждения методологии. Оператор рейтинга получил и проанализировал 201 предложение, поступившее от 49 организаций, — сообщил генеральный директор Ассоциации составителей рейтингов, советник президента РСР Д.Э. Гришанков. — В результате в методику был внесён ряд изменений, инициированных академическим сообществом. Так, кардинально увеличено количество учитываемых платформ массовых открытых онлайн-курсов (с 2 до 54), значительно расширен круг анализируемых ака-



демических премий (с 16 до 30), пересмотрены весовые коэффициенты ряда показателей рейтинга».

Ведущие университеты России впервые превосходили среднемировой уровень по показателю «доля иностранных студентов». Если по данным рейтинга прошлого года Россия немного отставала от среднего результата участников рейтинга (11,3% против 11,4%), то исследование 2021 года зафиксировало рост популярности отечественных университетов, позволивший стране превысить среднемировой показатель (11,9% у России против 11,7% в среднем по миру).

Ещё одним драйвером, позволившим многим российским вузам улучшить позиции в рейтинге, стали онлайн-курсы. Активное развитие в этом направлении привело к тому, что сегодня результат российских университетов на 43% выше среднемирового. В частности, Россия опережает Великобританию, Канаду и Францию по взвешенному количеству курсов на ведущих платформах (с учётом их посещаемости), уступая только Китаю и США.

Вместе с тем, Россия лишилась одного из традиционных конкурентных преимуществ, которое заключалось в высокой кадровой обеспеченности университетов. Если ещё год назад российские участники рейтинга превосходили конкурентов по численности сотрудников в расчёте на студента (0,110 у России и 0,100 по всем участникам рейтинга), то теперь результат России ниже среднемирового (0,109 в России и 0,112 в мире).

Благодаря форсированию развития научных исследований в последние годы растёт востребованность публикаций российских ученых: сегодня нормализованная цитируемость по российскому сегменту рейтинга составила в среднем 0,49, тогда как годом ранее — 0,45. При этом средний показатель всех вузов-участников рейтинга «Три миссии университета» тоже вырос, увеличившись до 1,00 с 0,95 в прошлом году. Поэтому, несмотря на улучшение, результат России по глобальной цитируемости по-прежнему заметно ниже среднемирового уровня. По темпам прироста Россия уступила Китаю и Турции, но при этом опередила Японию и Францию.

<https://www.msu.ru/news/mgu-voshyel-v-top-20-luchshikh-vuzov-reytinga-tri-missii-universiteta.html>



МГУ – российский лидер рейтинга QS по трудоустройству выпускников

Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова стал лучшим среди российских вузов по уровню трудоустройства выпускников по версии рейтинга Quacquarelli Symonds (QS). По показателю «Успешность выпускников» МГУ занял 23-е место в мире, а по показателю «Репутация среди работодателей» – 68-е место в мире.

При составлении рейтинга университетов оценивалось, в частности, установление университетами партнерских отношений с работодателями, включая организацию стажировок, число выпускников, занявших ведущие позиции в своих областях деятельности, степень представленности работодателей на территории университетов, а также уровень занятости среди выпускников. В исследовании также учтена университетская принадлежность более 40 тысяч ведущих мировых деятелей, прославившихся своей инновационностью, креативностью, состоятельностью, предпринимательским духом и/или благотворительной деятельностью. В опросе для показателя «Репутация среди работодателей» приняли участие свыше 75 тысяч представителей компаний, которые занимаются подбором персонала.

<https://www.msu.ru/news/mgu-rossiyskiy-lider-reytinga-q-s-po-trudoustroystvu-vypusknikov.html>

БУДУЩЕЕ РОССИЙСКОЙ НАУКИ СОЗДАЕТСЯ В МГУ СЕГОДНЯ

СОВЕЩАНИЕ ПО РЕАЛИЗАЦИИ НАУЧНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЕКТОВ В ИНТЦ МГУ «ВОРОБЬЕВЫ ГОРЫ»

14 сентября 2021 года в Интеллектуальном центре – Фундаментальной библиотеке Московского университета под председательством ректора МГУ академика В.А. Садовниченко прошло совещание, посвященное развитию научно-технологического центра МГУ «Воробьевы горы». В мероприятии принял участие президент РАН А.М. Сергеев.



Приветствуя участников совещания, В.А. Садовничий отметил, что идея долины возникла как осмысление возможностей реализации огромного научно-образовательного потенциала, сконцентрированного в стенах ведущего университета страны, который к тому же пополняется с каждым выпуском. Виктор Антонович напомнил, что создание Научного парка университета было одним из пунктов программы, с которой он шел на выборы ректора в 1992 году. По его словам, долина – это логичное развитие этого проекта, это место работы выпускников в промышленных компаниях, имеющих неразрывную связь с Московским университетом.



В.А. Садовничий кратко рассказал об этапах пути к созданию научно-технологической долины – от первого разговора на эту тему с Президентом России В.В. Путиным, который поддержал эту идею, до создания специального Федерального закона, фонда и управляющей компании. Виктор Антонович обратил внимание на активную поддержку проекта создания долины со стороны федерального Правительства и Правительства Москвы, лично мэра С.С. Собянина. Благодаря вхождению столицы в капитал управляющей компании ИНТЦ «Воробьевы горы» заложен и активно строится первый кластер «Ломоносов» площадью 65 тысяч квадратных метров и плановым сроком ввода в эксплуатацию уже в следующем году. Заложены еще два корпуса при поддержке гос-



корпорации «Росатом» («Междисциплинарный» и «Образовательный»). Их общая площадь составит почти 90 тысяч квадратных метров.

Виктор Антонович подчеркнул, что хорошие темпы строительных работ на объектах ИНТЦ диктуют задачи заполнения этих площадей, размещения на них компаний – операторов перспективных и даже прорывных научно-технологических проектов. Ректор отметил в этой связи, что Российской академии наук и Московскому университету в Долине нужно иметь свои проекты, которые будут соответствовать их интеллектуальному потенциалу. Одним из них может стать проект «Единая Евразия: Транс-Евразийский пояс RAZVITIE (ТЕПР)», который был разработан группой академиков и вынесен на рассмотрение Правительства. В рамках сотрудничества МГУ с Академией наук решено продолжать работу по его обоснованию и продвижению. Площадкой для нее станет один из кластеров ИНТЦ.

Как отметил В.А. Садовничий, в настоящее время с участием 171 крупных и средних компаний подготовлено 292 проекта, 105 из которых предполагает возможность инвестирования.

Выступивший на совещании президент РАН академик А.М. Сергеев отметил, что Академия наук сегодня активно работает с крупными инновационно ориентированными компаниями. С учетом большой работы, ведущейся Московским университетом по созданию своей научно-технологической долины, Академия наук и МГУ выстраивают правильное взаимодействие с бизнесом, чтобы лучше понимать его интересы, формировать наиболее привлекательные для практической реализации проекты. Александр Михайлович отметил, что, с одной стороны, наблюдается технологическое отставание страны, а с другой – есть компании, которые самой конкуренцией на мировом рынке подталкиваются к тому, чтобы успешно внедрять инновации и получать востребованный продукт. По мнению президента РАН, нужен интегрирующий взгляд, необходим поиск и отбор проектов, которые поддерживали бы сразу несколько компаний, выстраивание и развитие связей в инновационной деятельности. А.М. Сергеев подчеркнул, что РАН и МГУ способны выдвигать системообразующие судьбоносные проекты на подобии «Единая Евразия: Транс-Евразийский пояс RAZVITIE (ТЕПР)», поблагодарил за возможность знакомства с тем, что уже наработано в МГУ и долине, отметил, что ее миссия – как можно скорее и как можно эффективней научиться превращать знания в технологии.

В своем выступлении генеральный директор Управляющей компании ИНТЦ «Воробьевы горы», проректор МГУ В.А. Вайпан напомнил,



что основная идея при создании Научно-технологической долины Московского университета – формировать инновационную экосистему как интерфейс, соединяющий фундаментальные научные заделы с потребностями промышленности. Он подчеркнул, что управляющая компания ежедневно ведет переговоры с потенциальными резидентами, представляющих как научные группы внутри университета, так и инновационно ориентированный бизнес. На сайте ИНТЦ уже работает сервис предварительных заявок. Для того, чтобы начать ряд проектов, не дожидаясь локализации в долине, разработана новая редакция нормативной базы. Уже сейчас распределены 62 тысячи квадратных метров, что составляет около 25% общей полезной площади кластеров. В.А. Вайпан подтвердил, что три кластера уже строятся с опережением графика. Проектирование остальных 6 промышленных кластеров идет таким образом, чтобы в следующем году выйти на их стройку.

С презентацией научно-технологического потенциала, уже сконцентрированного в контуре ИНТЦ «Воробьевы горы», выступили кураторы основных кластеров Научно-технологической долины, которые рассказали об актуальной ситуации с привлечением участников, формировании научно-внедренческих мандатов соответствующих проектов, основных проектных решениях отдельных корпусов и зданий, предназначенных для размещения резидентов долины.

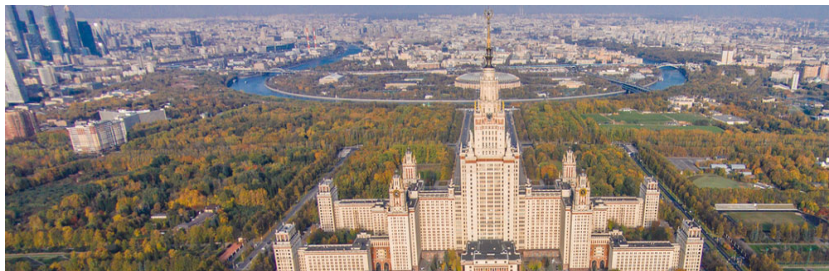
В рамках совещания были подписаны стратегические соглашения и соглашения о намерениях об инвестициях с рядом инновационно ориентированных компаний. Среди них ООО «Солюшн», Инвестиционный фонд «Новая индустрия», ООО «БиоХарт», ООО «Программный продукт», АО «Иксди Софт», ООО «Юралс Кэпитал», ООО «Форсайт Консалтинг Групп», ООО «Фармадиол», ООО «Селдон 2», ООО «РГ Консалтинг».

В заключительном слове В.А. Садовничий поблагодарил всех новых резидентов Научно-технологической долины за интерес к проекту и напомнил, что поставленный главой государства срок окончания строительства всех корпусов долины и введения в эксплуатацию – это 2025 год, что требует от всех исполнителей и участников проекта согласованной и динамичной работы.

<https://www.msu.ru/news/soveshchanie-po-realizatsii-nauchno-tekhnologicheskikh-proektov-v-intts-mgu-vorobevy-gory-.html>



ИННОВАЦИОННЫЙ НАУЧНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ЦЕНТР МГУ «ВОРОБЬЕВЫ ГОРЫ»



Ректор Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова академик В.А. Садовничий в 2015 году выступил с инициативой создания научно-технологической долины МГУ на новой территории Московского университета. Инициатива ректора МГУ была поддержана Президентом Российской Федерации В.В. Путиным, который дал поручения в целях создания научно-технологической долины «Воробьевы горы»: разработать и обеспечить принятие Федерального закона «О научно-технологических долинах»; создать научно-технологическую долину «Воробьевы горы», предусмотрев при этом, что МГУ имени М.В.Ломоносова является учредителем Фонда, образуемого в целях инфраструктурного и научно-методического обеспечения деятельности Долины, и учредителем Управляющей компании, образуемой для реализации проекта по созданию и функционированию Долины. В целях реализации поручений Президента Российской Федерации после длительной законопроектной работы с участием представителей МГУ был принят Федеральный закон от 29.07.2017 № 216-ФЗ "Об инновационных научно-технологических центрах и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации".

Инновационный научно-технологический центр МГУ «Воробьевы горы» создан в соответствии с Федеральным законом от 29.07.2017 № 216-ФЗ «Об инновационных научно-технологических центрах и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» и иными нормативными актами Российской Федерации» и постановлением Правительства Российской Федерации от 28 марта 2019 года № 332 «О создании инновационного научно-технологического центра «Инновационный научно-технологический центр МГУ «Воробьевы горы».

Основная идея создания ИНТЦ заключается в формировании на новой территории Московского государственного университета имени



М.В.Ломоносова инновационной экосистемы мирового уровня в целях реализации приоритетов научно-технологического развития России, повышения инвестиционной привлекательности сферы исследований и разработок, коммерциализации их результатов, расширения доступа граждан и юридических лиц к участию в перспективных, коммерчески привлекательных научных и научно-технических проектах.

В целях реализации проекта Московский университет учредил специальный Фонд развития Московского университета, который осуществляет имущественное, организационное, научно-методическое и экспертно-аналитическое обеспечение деятельности Центра (создан 27.04.2017 г.). Директором Фонда назначен ректор Московского университета академик Виктор Антонович Садовничий.

В целях осуществления функций по управлению Центром создано непубличное акционерное общество «**Управляющая компания Инновационного научно-технологического центра МГУ «Воробьевы Горы»**» (зарегистрировано 15.06.2018 г.). Учредителем Управляющей компании является Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова.

На территории Центра реализуются приоритетные направления инновационной научно-технологической деятельности путем развития взаимосвязанных кластеров:

1. **Кластер «Биомед»** – биомедицинский кластер с сертифицированным виварием, лабораторией прототипирования, испытаний лекарственных средств, центром геномных технологий, национальным криогенным хранилищем клеток живых существ, включая клетки человека;
2. **Кластер «Нанотех»** – кластер нанотехнологий и новых материалов с отдельным сервисом «чистых» комнат, центром коллективного пользования аналитическим, ростовым и нано-литографическим оборудованием;
3. **Кластер «Инфотех»** – кластер информационных технологий, математического моделирования и высокопроизводительных вычислений;
4. **Кластер «Инжиниринг»** – кластер робототехники, технологий специального назначения и машинного инжиниринга, технологий энергосбережения и эффективного хранения энергии, с центром прототипирования;
5. **Кластер «Космос»** – кластер исследований космоса с центром оперативного космического мониторинга и дистанционного зондирования Земли.
6. **Кластер «Геотех»** – кластер наук о Земле, экологии, создания новых технологий изыскания и промышленного использования нефтегазо-



вого сырья, в частности в труднодоступных областях Арктики, Сибири, Дальнего Востока.

7. **Кластер «Междисциплинарный кластер»** – кластер междисциплинарных гуманитарных исследований, когнитивных наук и институтом Человека; инновационных спортивных разработок (разработка научных основ развития спорта в России; создание методики описания «идеальных» моделей спортсменов с учётом генетических, физиологических, антропологических, биохимических характеристик человека; вопросы психологического обеспечения и сопровождения спорта).

Сайт ИНТЦ «Воробьевы горы»

МИХАИЛ ВАЛЕНТИНОВИЧ КОВАЛЬЧУК (К 75-ЛЕТИЮ СО ДНЯ РОЖДЕНИЯ)



21 сентября 2021 г. исполнилось 75 лет Михаилу Валентиновичу Ковальчуку – одному из ведущих ученых-физиков России, заведующему кафедрой оптики, спектроскопии и физики наносистем физического факультета МГУ, доктору физико-математических наук, профессору, члену-корреспонденту РАН.

Михаил Валентинович Ковальчук – известный ученый в области рентгеновской физики, кристаллографии и нанодиагностики, один из идеологов и организаторов развития нанотехнологий в России.



Исследования М.В. Ковальчука заложили основу принципиально нового метода изучения структуры вещества, основанного на сочетании возможностей рентгеновской дифракции и спектроскопии – метода стоячих рентгеновских волн, имеющего важное практическое значение для исследования наносистем.

Пятнадцать лет (с 1998 по 2013 г.) М.В. Ковальчук возглавлял Институт кристаллографии РАН (ИК РАН). В этот период Институт был переориентирован на решение принципиально новых научных задач, связанных с созданием и развитием наноматериалов, нанодиагностики, нанобиотехнологий и космического материаловедения. М.В. Ковальчуком были сформулированы новые научные приоритеты, создана современная научно-исследовательская инфраструктура, обеспечивающая уникальные исследовательские возможности, в том числе для кристаллизации белков, формирования систем молекулярных пленок. В 2016 г. по инициативе М.В. Ковальчука на базе ИК РАН (путем объединения еще с четырьмя академическими институтами) была создана новая междисциплинарная структура, получившая название «Федеральный научно-исследовательский центр кристаллографии и фотоники». Объединенный ученый совет нового Центра возглавил М.В. Ковальчук.

С начала 1990-х годов параллельно с исследованиями в области полупроводниковых кристаллов и пленок, рентгеновской оптики М.В. Ковальчук значительное внимание уделял синхротронному излучению (СИ). Используя свой опыт работ на ряде европейских источников СИ, он приступил к разработке новых экспериментальных станций, сначала для Зеленоградского, а затем и Курчатовского синхротронов. В 1999 г. по инициативе академика Е.П. Велихова Михаил Валентинович был назначен директором-организатором Курчатовского центра СИ.

За несколько лет М.В. Ковальчук и его коллеги реализовали масштабный научный проект по разработке, созданию и вводу в практическую эксплуатацию комплекса уникального научно-исследовательского оборудования – экспериментальных станций на пучках первого в России специализированного источника СИ – «КИСИ-Курчатов».

Реализация синхротронного проекта – серьезный вклад М.В. Ковальчука в развитие экспериментальных и технологических возможностей России для проведения исследований в области фундаментальных наук, материаловедения, нано- и биотехнологий, молекулярной биологии и медицины, а также в развитие методов диагностики с атомарным разрешением. Эта работа была отмечена Премией Правительства РФ.

Кроме того, ввод в эксплуатацию первого и до сих пор единственного на постсоветском пространстве специализированного источни-



ка СИ «КИСИ-Курчатов» стал начальным этапом реализации выдвинутой и реализованной под руководством М.В. Ковальчука концепции формирования и развития национальной сети уникальных экспериментальных установок класса мегасайенс как базы для восстановления и развития всего отечественного научно-технологического комплекса.

В их числе – создание и запуск крупнейшего в мире источника нейтронов – реакторного комплекса «ПИК» в г. Гатчине Ленинградской области, создание и запуск современного термоядерного реактора Токамак Т-15МД на площадке НИЦ «Курчатовский институт» в Москве, глубокая модернизация и переоснащение уникальным экспериментальным оборудованием «КИСИ-Курчатов».

Реализация этих проектов позволила сформировать уникальную национальную междисциплинарную инфраструктуру исследований и разработок, консолидировавшую научно-технологическое сообщество и ставшую базой для развития в нашей стране таких важнейших научно-технологических направлений, как нанотехнологический проект.

М.В. Ковальчук стал ведущим идеологом и организатором этого проекта в России. В ходе реализации нанотехнологического проекта под руководством М.В. Ковальчука были созданы принципиально новые технологии и материалы, обеспечившие научно-технологический прорыв в целом ряде ключевых отраслей экономики, таких как энергетика, транспорт, медицина, инфокоммуникационные технологии и системы.

Нанотехнологический проект во многом сформировал новый научный ландшафт страны¹ и стал отправным пунктом развития надотраслевых природоподобных технологий, базовым инструментом для ответа на глобальный вызов XXI в. – обеспечения устойчивого развития цивилизации в условиях истощающихся ресурсов.

В связи с этим следующим этапом научной и организаторской деятельности М.В. Ковальчука и возглавляемого им коллектива стало развитие принципиально нового научно-технологического направления – природоподобных технологий, которые не наносят урон окружающей среде, а существуют с ней в гармонии и позволяют восстановить нарушенный человеком баланс между биосферой и техносферой.

М.В. Ковальчуком была впервые выдвинута концепция формирования природоподобной техносферы как закономерного этапа развития человеческой цивилизации, сформулированы идеология и основные принципы использования конвергенции нано-, био-, информационных,

¹Ковальчук М.В. Идеология нанотехнологий. М.: ИКЦ "Академкнига", 2010. 222 с.



когнитивных и социогуманитарных (НБИКС) наук и технологий как инструмента создания природоподобной техносферы.

Под руководством и при непосредственном участии М.В. Ковальчука в НИЦ «Курчатовский институт» создан не имеющий мировых аналогов Курчатовский комплекс НБИКС-природоподобных технологий, где осуществляются масштабные исследования и разработки в области создания технологий, основанных на принципах функционирования живой природы.

Исследования процессов, механизмов деятельности живой природы на базе качественно новых национальных экспериментальных установок мегасайенс обеспечат научно-технологический прорыв и станут ядром метрологического комплекса принципиально новой природоподобной технологической базы России.

Сегодня это положение реализуется в рамках Федеральной научно-технической программы развития синхротронных и нейтронных исследований и исследовательской инфраструктуры на 2019–2027 гг., а также Федеральной научно-технической программы развития генетических технологий на 2019–2027 гг.

Благодаря активной позиции М.В. Ковальчука в последние годы существенно укрепились позиции России в таких глобальных международных научных проектах, как Большой адронный коллайдер (LHC, CERN), международный экспериментальный термоядерный реактор (ITER), Европейский ускорительный центр по исследованию тяжелых ионов и антипротонов (FAIR). М.В. Ковальчук – инициатор и идеолог участия Российской Федерации в качестве одного из основных партнеров в проекте создания европейского рентгеновского лазера на свободных электронах XFEL в г. Гамбурге.

Под руководством М.В. Ковальчука и при непосредственном участии совместно с ГК «Росатом» разработаны концепция и прототипы базовых элементов инфраструктуры распределенной малой ядерной энергетики на основе технологий прямого преобразования энергии, в частности для энергообеспечения Арктического и других труднодоступных регионов.

М.В. Ковальчук является руководителем приоритетного технологического направления по технологиям прямого преобразования энергии. Под его руководством разработаны новые энерготехнологии и системы энергообеспечения для морской техники, основанные на принципах прямого преобразования энергии.

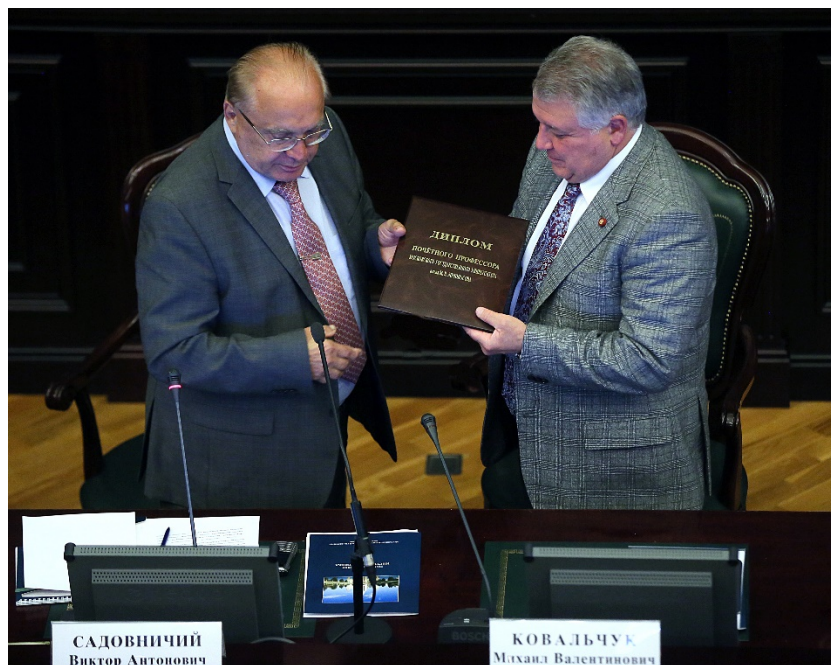
М.В. Ковальчуком была предложена концепция, сформулированы идеология и основные принципы ускоренного безопасного развития ядерной медицины на базе ядерно-физических научных центров. В



настоящее время эта концепция реализуется в рамках Федеральной научно-технической программы развития синхротронных и нейтронных исследований и исследовательской инфраструктуры на 2019–2027 гг.

В последнее десятилетие в НИЦ «Курчатовский институт» благодаря инициативам М.В. Ковальчука возрожден ряд важных направлений прикладных исследований и разработок в целях национальной безопасности. Указом Президента Российской Федерации на М.В. Ковальчука возложено общее руководство научно-исследовательскими проектами Военного инновационного технополиса «Эра» Минобороны России.

М.В. Ковальчук стал инициатором развертывания в НИЦ «Курчатовский институт» работ, основанных на использовании естественно-научных методов для изучения объектов культурного наследия. Эти исследования проводятся совместно с Институтом археологии РАН, Государственным историческим музеем, Государственным музеем изобразительных искусств им. А.С. Пушкина и являются новым важным этапом в развитии исторического материаловедения.



Михаил Валентинович внес определяющий вклад в формирование кадровой базы междисциплинарных исследований и разработок. Так, еще в 2005 году по предложению ректора Московского университета



академика В.А. Садовниченко им была открыта первая в России кафедра физики наносистем. Под его руководством и при непосредственном участии создана инновационная система образования в области конвергентных наук и технологий, в том числе им организован первый в мире факультет нано-, био-, информационных и когнитивных технологий в Московском физико-техническом институте. Помимо этого, реализуется масштабный проект междисциплинарного довузовского образования (Курчатовский проект), в котором участвует несколько десятков школ Москвы, Санкт-Петербурга, Пскова, республики Крым.

В 2017 году ему были вручены медаль и диплом почетного профессора Московского университета.

Большое значение имеют реализованные по инициативе и под руководством М.В. Ковальчука проекты возрождения культурно-просветительских площадок Дома ученых им. А.П. Александрова в Москве и мемориальной дачи И.В. Курчатова в Крыму.

М.В. Ковальчук уделяет большое внимание популяризации научных знаний, с 2007 г. он является автором и ведущим научно-популярных телевизионных циклов «Истории из будущего» и «Картина мира с Михаилом Ковальчуком». В рамках этих циклов вышло более 300 передач, рассказывающих о наиболее актуальных темах и направлениях науки и технологий.

М.В. Ковальчук является председателем Национального комитета кристаллографов России, с 2006 г. – главным редактором журнала «Кристаллография» РАН, с 2019 г. – главным редактором журнала «Российские нанотехнологии».

В 2020 г. М.В. Ковальчук стал главным редактором журнала «Вестник Военного инновационного технополиса «Эра», созданного по его предложению.

М.В. Ковальчук с 2001 г. является членом Президиума Совета при Президенте Российской Федерации по науке и образованию, в котором с 2001 по 2012 год он был ученым секретарем.

Михаил Валентинович Ковальчук – полный кавалер орденов «За заслуги перед Отечеством», лауреат премий Правительства РФ в области науки и техники и в области образования.

Коллектив физического факультета МГУ от всей души поздравляет Михаила Валентиновича с юбилеем! Коллеги и друзья желают ему крепкого здоровья, творческой энергии, вдохновения, новых достижений на благо российской науки.

К 80-ЛЕТИЮ ВЛАДИМИРА ЧЕСЛАВОВИЧА ЖУКОВСКОГО

16 октября 2021 года исполнилось 80 лет и. о. заведующего кафедрой теоретической физики профессору Владимиру Чеславовичу Жуковскому.

В. Ч. Жуковский окончил физический факультет МГУ в 1965 г., в 1968 г. защитил кандидатскую диссертацию «Индукцированное излучение электронов в магнитном поле», в 1978 г. — докторскую диссертацию «Взаимодействие релятивистских частиц с интенсивными электромагнитными полями».

С 1968 г. В. Ч. Жуковский постоянно работает на физическом факультете, с 1993 г. он — профессор кафедры теоретической физики, с 2020 г. — и. о. заведующего той же кафедры.



Профессор В. Ч. Жуковский — известный физик-теоретик, автор фундаментальных работ по классической и квантовой теории синхротронного излучения, теории взаимодействий элементарных частиц в сильных внешних калибровочных полях, конечнотемпературной квантовой теории поля. Им опубликовано около 300 статей в ведущих физических журналах: «ЖЭТФ», «Письма в ЖЭТФ», «Ядерная физика», «Теоретическая и математическая физика», «Успехи физических наук», Физика элементарных частиц и атомного ядра», «Вестник Московского университета. Физика. Астрономия», Physical Review, Physical Review Letters, Annals of Physics, Physics Letters, Progress of Theoretical Physics, Journal of Mathematical Physics, Modern Physics Letters, Symmetry и др. Он входит в число наиболее цитируемых ученых физического факультета (например, его статью цитировал лауреат Нобелевской премии 2008 г. Й. Намбу (Y. Nambu)).

В последнее время В. Ч. Жуковский исследует вакуумную структуру квантовой хромодинамики — современной неабелевой калибровочной теории сильных взаимодействий, изучает радиационные эффекты с учетом внешних полей, конечной температуры и плотности вещества, которые находят приложения в космологии и астрофизике. Он постоянно



сотрудничает с коллегами из Института физики высоких энергий (Протвино) и Гумбольдтского университета (Берлин).

Активная научная работа проф. В. Ч. Жуковского неразрывно связана с подготовкой высококвалифицированных физиков-теоретиков. В течение многих лет на высоком научно-методическом уровне он читает общие курсы лекций по теоретической механике и квантовой теории на физическом факультете, а на кафедре теоретической физики — специальные курсы по квантовой теории поля, неабелевой калибровочной теории поля с учетом внешних воздействий на основе современных непертурбативных методов, для студентов отделения математики механико-математического факультета долгое время читал курс теоретической физики. Кроме того, в последние годы он читает интенсивный курс теоретической физики в филиале МГУ в г. Баку (Азербайджан).

В. Ч. Жуковский руководит большой группой студентов-дипломников и аспирантов, а также научным семинаром «Физика высоких энергий». Он — член Ученого Совета физического факультета, специализированных советов при ФИРАН и МГУ, редколлегии журналов «Вестник Московского университета. Физика. Астрономия», «Ученые записки физического факультета МГУ», «Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Физико-математические науки».

В. Ч. Жуковским написано (в соавторстве) 16 монографий и учебных пособий. Его книга «Квантовая механика» (совм. с А. А. Соколовым и И. М. Терновым) широко используется в российских университетах и переведена на иностранные языки. На основе читаемых В. Ч. Жуковским лекционных курсов опубликован (в соавторстве) ряд учебных пособий для университетов: «Квантовая электродинамика» (издано также на английском и испанском языках), «Калибровочные поля», «Квантовые процессы в сильном внешнем поле», «Классические поля», «Квантовая механика и макроскопические эффекты», «Эффекты внешнего поля и среды в неабелевой калибровочной теории» и др.

Многочисленные ученики проф. В. Ч. Жуковского (он подготовил свыше 30 кандидатов и 5 докторов наук, один его ученик стал членом-корреспондентом Академии наук Азербайджана) успешно работают в российских и международных научных центрах, преподают в известных российских и зарубежных вузах (например, в Оксфордском университете).

Поздравляем Владимира Чеславовича Жуковского с замечательным юбилеем и желаем ему крепкого здоровья и новых научных достижений.

Сотрудники кафедры теоретической физики



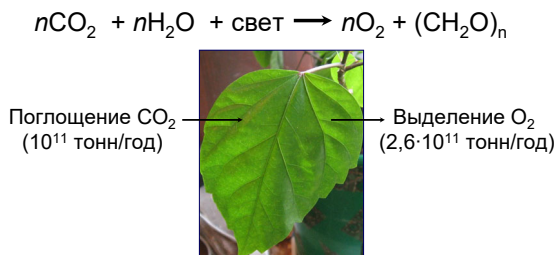
БИОЭНЕРГЕТИКА, ФОТОСИНТЕЗ И МОЛЕКУЛЯРНЫЕ МАШИНЫ ЖИВОЙ КЛЕТКИ

Биоэнергетика – наука о преобразовании и запасании энергии внешних источников (солнечный свет, продукты питания), обеспечивающих все разнообразие жизни в биосфере Земли. Началом биоэнергетики принято считать август 1771 года, когда английский ученый Джозеф Пристли (1733–1804) обнаружил, что растения могут «исправлять» свойства воздуха, меняющего свой состав в результате горения или жизнедеятельности животных. Пристли показал, что в присутствии растений «испорченный» воздух снова становится пригодным для горения и поддержания жизни животных. В ходе дальнейших исследований (Ингенгауз, Сенебье, Соссюр, Буссенго и др.) было установлено, что растения при освещении поглощают из воздуха углекислый газ и выделяют в атмосферу молекулярный кислород (O_2). Эти процессы, названные фотосинтезом, обеспечивают биосферу Земли кислородом (рис. 1). Из углекислого газа, поглощаемого из атмосферы, и воды растения синтезируют органические вещества. Роберт Майер, открывший закон сохранения энергии, в 1845 году написал, что растения превращают энергию солнечного света в энергию химических соединений, образующихся при фотосинтезе. По его словам, «распространяющиеся в пространстве солнечные лучи "захватываются" и сохраняются для использования в дальнейшем по мере надобности». Впоследствии К.А. Тимирязевым и другими исследователями было показано, что важнейшую роль в использовании растениями энергии солнечного света играют молекулы хлорофилла, входящего в листья растений. Образующиеся при фотосинтезе углеводы (сахара) используются как источник энергии и строительный материал для синтеза различных органических соединений у растений и животных. Фотосинтез включает в себя большое число фотофизических и биохимических процессов, в результате которых растения синтезируют углеводы (сахара) за счет энергии солнечного света. У растений процессы фотосинтеза протекают в хлоропластах – энергопреобразующих органеллах растительной клетки. Важнейшим продуктом световых стадий фотосинтеза являются молекулы аденозинтрифосфата (АТФ). Молекулы АТФ служат универсальным источником энергии, своеобразной энергетической «валютой» в клетках растений, бактерий и животных.

В настоящее время установлен химический состав и выяснено пространственное строение белковых комплексов, обеспечивающих трансформацию энергии при фотосинтезе. В расшифровке всей совокупности фотофизических и фотохимических процессов фотосинтеза ключе-



вую роль сыграли современные физические методы: (а) рентгеноструктурный анализ, позволивший расшифровать пространственное строение огромных белковых комплексов фотосинтетического аппарата на уровне отдельных атомов; (б) лазерные методы, позволяющие изучать рекордно быстрые фотофизические процессы (поглощение света и миграция энергии между светособирающими пигментами); (в) методы абсорбционной спектроскопии и электронного парамагнитного резонанса, позволяющие регистрировать движение заряженных частиц (электроны и протоны) вдоль своеобразных «электронных проводов», образованных биомолекулами.



В атмосфере содержится $1,2 \cdot 10^{15}$ тонн O_2 :
время кругооборота O_2 составляет 4600 лет.

Рис. 1. Общее уравнение фотосинтеза

У всех фотосинтетических организмов структурно-функциональным звеном фотосинтетического аппарата является фотосистема – пигмент-белковый комплекс, который содержит пигменты светособирающей антенны, фотореакционный центр и связанные с ним молекулы – переносчики электронов и протонов. Поглощение света молекулами хлорофилла или вспомогательных пигментов является первым актом фотосинтеза. Ансамбль пигментов, входящих в светособирающую антенну, эффективно улавливает солнечный свет и направляет его энергию к фотореакционному центру. Энергия кванта света, поглощенного одной молекулой пигмента, мигрирует по пигментной матрице до тех пор, пока в конечном итоге возбуждение не попадет на фотореакционный центр Р. Подобно тому, как жидкость стекает со стенок широкой воронки к ее узкому горлышку, к фотореакционному центру Р направляется энергия света, поглощаемого многими молекулами светособирающих пигментов (схематическое изображение этого процесса показано на рис. 2). На один фотореакционный центр приходится большое количество молекул хлорофилла (200–400), что обеспечивает достаточно частое срабатывание реакционного центра даже при относительно слабой интенсивно-

сти света, поглощаемого листьями в условиях затенения растения. Это увеличивает сбор света. Тенелюбивые растения имеют, как правило, больший размер светособирающей антенны по сравнению с растениями, произрастающими в условиях высокой освещенности. Аналогичный принцип позаимствовали у природы радиофизики и астрофизики – для улавливания слабых сигналов используют антенны более крупных размеров. Эффективность миграции энергии в антенне к реакционному центру исключительно велика потому, что светособирающая антенна представляет собой упорядоченную структуру, обеспечивающую очень хорошее взаимодействие пигментов друг с другом. Благодаря этому потери энергии поглощаемых квантов света в тепло или в излучение очень малы (КПД $\approx 96\text{--}98\%$).



Рис. 2. Схема миграции энергии в светособирающей антенне

Фотореакционный центр Р содержит особую пару молекул хлорофилла, он играет роль ловушки энергии возбуждения, мигрирующего по светособирающей антенне. В результате очень быстрого переноса электрона от возбужденного центра Р* к молекуле первичного акцептора электрона А ($\leq 10\text{--}13 - 10\text{--}12$ с) реализуется второй важный этап преобразования солнечной энергии при фотосинтезе — разделение зарядов в реакционном центре. При этом образуются сильный восстановитель А- (донор электрона) и сильный окислитель Р+ (акцептор электрона). Заряженные молекулы Р+ и А- расположены в мембране асимметрично: в хлоропластах Р+ находится ближе к внутренней поверхности мембраны,



а акцептор А- расположен ближе к внешней стороне (рис. 3). В результате разделения зарядов (электрон переносится от Р к А) на мембране возникает разность электрических потенциалов $Dj = j_{in} - j_{out} > 0$. Это явление аналогично генерации разности электрических потенциалов в фотоэлементе. Эффективность работы фотореакционных центров очень высока: КПД разделения зарядов составляет, как правило, не менее 90 - 95%. Стабилизация разделенных зарядов обусловлена за счет других реакций электронного транспорта: от первичного акцептора А- электрон очень быстро (за время $\sim 10^{-12} - 10^{-11}$ с) уходит на другой акцептор электрона В ($D(P+A)B^- \rightarrow D(P+A)B^-$) и далее электрон перемещается по сравнительно длинной цепи переноса электронов к конечному акцептору. Эту цепь можно уподобить своеобразному белковому проводу. При этом электрон не только удаляется от положительно заряженного центра Р+, но при этом заметно снижается энергия всей системы (рис. 3). Такая потеря энергии – это своеобразный энергетический «налог», которые обеспечивает сохранение разности потенциалов (уменьшается вероятность рекомбинации зарядов).

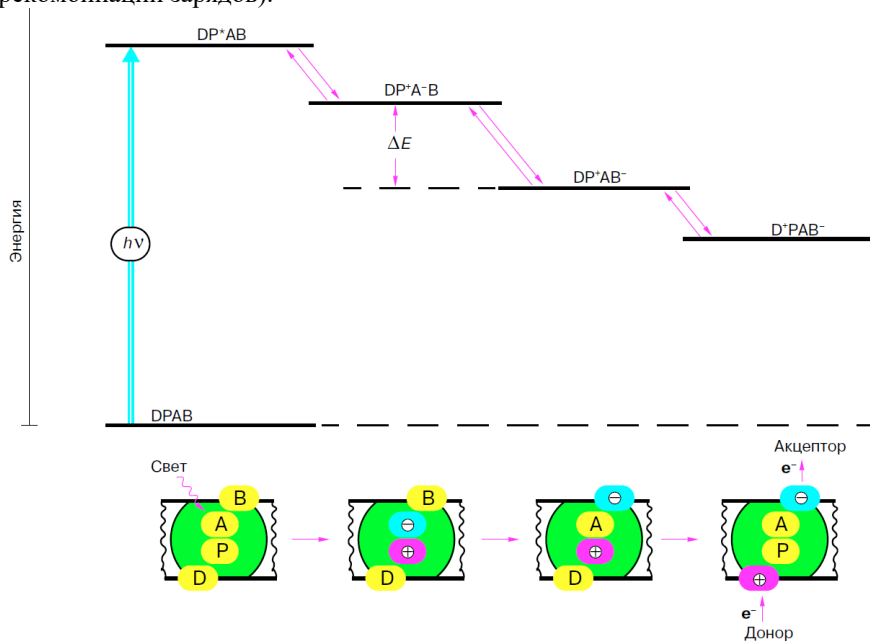


Рис. 3. Схематическая диаграмма изменений энергии в фотореакционных центрах



В результате работы фотореакционных центров, преобразующих энергию квантов света в энергию разности потенциалов на фотосинтетической мембране, электроны «забираются» от молекул воды (это происходит в так называемых водорасщепляющих комплексах) и переносятся к фотореакционным центрам. При этом выделяется молекулярный кислород, который попадает в атмосферу (мы дышим за счет этого кислорода!). Появление фотосинтезирующих организмов, способных разлагать воду, явилось одним из важнейших этапов развития живой природы на Земле. Фотосинтезирующие организмы, «научившись» в ходе биологической эволюции разлагать воду за счет энергии солнечного света, овладели неисчерпаемым источником электронов для энергообеспечения различных биохимических процессов. Разлагая воду, фотосинтезирующие организмы кислородного типа (цианобактерии, водоросли, высшие растения) наполнили атмосферу Земли молекулярным кислородом. Таким образом, на Земле возникли благоприятные условия для бурного эволюционного развития организмов, энергетика которых связана с дыханием (потребление кислорода).

Другой важнейший «продукт» световых стадий фотосинтеза – разность потенциалов, которая служит источником энергии для работы АТФ-синтазы – макромолекулярной «машины» (рис. 4), осуществляющей синтез молекул АТФ. Молекулы АТФ – универсальная энергетическая «валюта» живой клетки. Понятие «молекулярные машины», в настоящее время стало общепринятым, оно прочно утвердилось в научной литературе [1–7]. Молекулярная машина – макромолекулярное устройство (молекула белка, белковый комплекс или химические структуры искусственного происхождения), которое осуществляет преобразование химической или электрохимической энергии в энергию направленного молекулярного движения. Среди основоположников научного направления, связанного с разработкой концепции «машинных» механизмов функционирования белков и макромолекулярных комплексов, был Лев Александрович Блюменфельд (1921–2002), выдающийся биофизик, столетие со дня рождения которого будет отмечаться 23 ноября 2021 года. В течение многих лет Л.А. Блюменфельд возглавлял кафедру биофизики физического факультета МГУ. Эта кафедра — первая в мире кафедра биофизики, созданная на физическом факультете университета. На рубеже 60–70-х годов прошлого столетия Л.А. Блюменфельд выдвинул и обосновал «релаксационную» гипотезу ферментативного катализа и преобразования энергии в биологических системах. В основе этой гипотезы лежат представления о том, что важнейшую роль в работе ферментов и макромолекулярных комплексов играют сравнительно медленные структурные перестройки макромолекул, определяемые их механическими степенями свободы.



*Профессор Лев Александрович Блюменфельд
и академик Игорь Евгеньевич Тамм*



Профессор Лев Александрович Блюменфельд



АТФ-синтаза – наиболее яркий пример обратимой молекулярной машины, работающей как электромотор-генератор [6,7]. За счет разности электрических потенциалов, создаваемой на энергопреобразующей мембране, происходит трансмембранный перенос протонов (электрический ток) через АТФ-синтазу (рис. 4), вызывающий направленное вращение ротора и обеспечивающий протекание химической реакции (синтез АТФ). Гидролиз (распад) АТФ вызывает вращение ротора электромотора в обратном направлении, приводящее к генерации разности потенциалов на мембране. Таким образом, получается полная аналогия с работой макроскопического электромотора или генератора, режим работы которого определяется направлением вращения ротора: вращение ротора в одну сторону – механическая работа, вращение ротора в противоположном направлении – генерация разности потенциалов. АТФ-синтазу можно рассматривать как молекулярный электромотор-генератор, состоящий из статора и ротора. Статор включает в себя гексамер $\alpha_3\beta_3$ и связанную с ним субъединицу δ , а также мембранную субъединицу a и две субъединицы b , выполняющие роль своеобразных «кронштейнов», удерживающих статор относительно мембраны (рис. 4). Получены многочисленные и очень убедительные экспериментальные доказательства того, что каталитическая активность АТФ-синтазы связана с вращением ее «ротора», состоящего из кольца c и белковых субъединиц γ и ϵ . Считается, что вращение субъединицы γ внутри комплекса $\alpha_3\beta_3$, происходящее за счет энергии разности электрохимических потенциалов протонов, вызывает согласованное изменение конформации трех каталитических субъединиц β , что в конечном итоге обеспечивает работу фермента – синтез АТФ (см. подробнее обзорные статьи [1-7]). Исследования кинематических характеристик этого мотора показали, что чем выше механическая нагрузка на мотор, тем реже происходят скачкообразные повороты «ротора» (мотор крутится медленнее). Например, средняя скорость вращения белкового «хвоста», пришитого к ротору, уменьшается с увеличением его длины, так как при этом возрастает гидродинамическое сопротивление. Отличительной особенностью вращающегося электромотора АТФ-синтазы является его исключительно высокий коэффициент полезного действия. Количественные оценки работы мотора против силы вязкого трения позволили определить коэффициент его полезного действия. Оказалось, что работа, которую совершает мотор при повороте ротора на 120° , почти в точности равна энергии, выделяющейся при гидролизе одной молекулы АТР (КПД мотора близок к 100%). Таким образом, идея о том, что молекула белка работает как макромолекулярная машина, в настоящее время уже не воспринимается как экзотический вымысел биофизиков, выдвин-

ФИЗИКИ МГУ «НАУЧИЛИ» КРЕМНИЕВЫЕ МИКРОСХЕМЫ ЭФФЕКТИВНО ВЗАИМОДЕЙСТВОВАТЬ СО СВЕТОМ



Ученые МГУ совместно с коллегами из РАН и других российских институтов предложили для создания источников излучения на германиевых квантовых точках в кремнии использовать высокодобротные резонансы электромагнитного поля в двумерных фотонных кристаллах. Новый метод оказаться перспективным для создания оптоэлектронных интегральных схем в будущем. Результаты исследования опубликованы в журнале *Laser & Photonics Reviews*.

Большинство современных цифровых микросхем сегодня изготавливается на основе кремния по технологии КМОП (CMOS) – комплементарная металл-оксид-полупроводник структура (англ. – complementary metal-oxide-semiconductor). Из-за большой плотности элементов в таких схемах основным препятствием для увеличения их производительности стало большое в них тепловыделение. Уменьшить тепловыделение можно, перейдя от омических (через металлические контакты) связей между элементами в микросхемах к оптическим.

«К сожалению, сам по себе кремний слабо взаимодействует со светом: он плохой излучатель и поглотитель фотонов. Или, пожалуй, к счастью. Иначе наши компьютеры и мобильные телефоны скорее бы светились, чем работали. Однако "научить" кремниевые микросхемы все-таки эффективно взаимодействовать со светом – чрезвычайно важная задача. Мы с коллегами решили эту задачу с помощью внедренных в кремниевую



структуру германиевых наноточек, изготовив на ее поверхности специально рассчитанный фотонно-кристаллический слой с усиливающими излучение фотонными резонансами особого типа – так называемыми связанными состояниями в континууме», – объяснил один из соавторов работы, профессор физического факультета МГУ Сергей Тиходеев.

Ученые описали наблюдаемые пики фотолюминесценции и их симметрию в терминах представлений точечной группы и объяснили, почему различные связанные состояния в континууме видны в спектрах фотолюминесценции в форме пиков, хотя широко распространено мнение, что они должны быть оптически неактивными.

Авторы работы также теоретически смоделировали спектральные особенности, рассчитав диаграммы направленности излучательной эффективности с использованием Фурье-модального метода в форме матрицы рассеяния и продемонстрировали появление связанных состояний в континууме в структуре за счет деструктивной интерференции двух мод.

Соавторы работы: Дьяков Сергей и Гиппиус Николай (Сколтех); Новиков Алексей и Красильник Захарий (ИФМ РАН и ННГУ); Степихова Маргарита, Юрасов Дмитрий и Шалеев Михаил (ИФМ РАН); Богданов Андрей (университет ИТМО); Тиходеев Сергей (МГУ и ИОФ РАН).

https://www.msu.ru/science/main_themes/fiziki-mgu-nauchili-kremnievye-mikroskhemy-effektivno-vzaimodeystvovat-so-svetom.html

НЕЙТРИНО НА XXIV ПЕТЕРБУРГСКОМ МЕЖДУНАРОДНОМ ЭКОНОМИЧЕСКОМ ФОРУМЕ

С 2 по 5 июня сего года в Санкт-Петербурге проходил XXIV Петербургский международный экономический форум - уникальное событие в мире экономики и бизнеса, которое проводится с 1997 года, а с 2006 года проходит под патронатом и при участии Президента Российской Федерации.

За прошедшие годы Форум стал ведущей мировой площадкой для общения представителей деловых кругов и обсуждения ключевых экономических вопросов, стоящих перед Россией, развивающимися рынками и миром в целом. Тем удивительнее, что по инициативе Министерства науки и высшего образования России в рамках программы Форума 5 июня была проведена тематическая панельная дискуссия «Нейтрино – неуловимые носители тайн Вселенной». Хотя, впрочем, в Стратегии



научно-технологического развития Российской Федерации отмечена ключевая роль фундаментальной науки, обеспечивающей получение новых знаний и опирающейся на собственную логику развития. И в этом контексте одним из наиболее бурно развивающихся направлений современной фундаментальной физики является физика нейтрино. Важность физики нейтрино иллюстрируется тем фактом, что в среднем за открытия в этой области раз в 10 лет присуждается Нобелевская премия.



Важность развития фундаментальных и прикладных исследований в физике нейтрино была отмечена президентом В.В. Путиным 23 сентября 2020 года на проходившем в Кремле торжественном заседании, посвященном 75-летию отечественной атомной отрасли.

В качестве модераторов на нейтринной панели Форума выступили академик Г.В. Трубников, директор ОИЯИ (Дубна), директор ИЯИ РАН М.В. Либанов и ректор МИФИ В.И. Шевченко.

В состоявшейся дискуссии приняли участие Ю.А. Белолоптиков (Байкальский нейтринный эксперимент), Ю.В. Куденко (ИЯИ РАН), Ю.Ю. Ковалев (ФИАН), Д.В. Наумов (ОИЯИ), В.А. Рубаков (ИЯИ РАН), Г.И. Рубцов (ИЯИ РАН), В.Б. Петков (Баксанская нейтринная обсерватория) и М.Д. Скорохватов (Курчатовский институт).



*На XXIV Петербургском международном экономическом форуме
(слева направо): Г.В. Трубников, Д.В. Наумов, А.И. Студеникин,
В.И. Шевченко и М.В. Либанов*

Спектр вопросов физики нейтрино, которые обсуждались на Форуме, чрезвычайно широк. Что такое нейтрино и в чем его загадка? Какую роль играет нейтрино в эволюции Вселенной? Как охотятся на нейтрино? Зачем во всем мире строят различные установки для изучения нейтрино, какова роль России в этих исследованиях? Что такое нейтринные телескопы и почему они не похожи на обычные? Почему астрофизики так любят нейтрино? Могут ли пока еще фундаментальные результаты исследований нейтрино стать прикладными?

А.И. Студеникин в качестве приглашенного спикера в своем выступлении на тематической панели Форума отметил уникальную роль нейтрино в становлении и развитии современных представлений о законах микромира, об основных достижениях в физике нейтрино, удостоенных Нобелевской премии за последние годы. Особо он отметил вклад Бруно Понтекорво в физику нейтрино. Отдельно была подчеркнута важность подготовки высококвалифицированных кадров для исследований по физике нейтрино и реализуемых в настоящее время в МГУ образовательных программ по подготовке специалистов по физике нейтрино.

Проведенная во время XXIV Петербургского международного экономического форума дискуссия по теме «Нейтрино – неуловимые но-



сители тайн Вселенной» явилась важным этапом недавно начавшегося процесса формирования новой Федеральной научно-технической программы развития исследований нейтрино и астрофизики частиц.

А.И. Студеникин, профессор кафедры теоретической физик

РЕЛЯТИВИСТСКАЯ НЕЛИНЕЙНАЯ ЛАЗЕРНО-ПЛАЗМЕННАЯ ФИЗИКА НА КАФЕДРЕ ОБЩЕЙ ФИЗИКИ И ВОЛНОВЫХ ПРОЦЕССОВ



На фото коллектив лаборатории релятивистской лазерной плазмы. Слева направо в нижнем ряду: Андрей Борисович Савельев-Трофимов (руководитель группы), Дмитрий Пушкарев, Илья Мордвинцев, Роман Волков, Екатерина Митина, Константин Иванов, Иван Цымбалов. Верхний ряд: Дарья Урюпина, Никита Жидовцев, Сергей Шуляпов, Анастасия Сивко, Диана Горлова

Развитие лазерных технологий за последние два десятилетия привело к появлению твердотельных лазерных систем нового поколения, способных генерировать фемтосекундные импульсы с пиковой мощностью до десяти петаватт. Фокусировка такого излучения позволяет достигать интенсивности свыше 10^{18} – 10^{19} Вт/см² (рекордные значения превышают 10^{22} Вт/см²). Вещество в столь сильном лазерном поле мгновенно ионизируется (уже на фронте лазерного импульса), формируя горячую



плотную неравновесную плазму, а свободные электроны испытывают действие экстремально высоких электромагнитных полей, разгоняясь до энергий, существенно превышающих их энергию покоя. Новая физика, стоящая за сложными процессами взаимодействия высокоинтенсивного лазерного излучения с релятивистской лазерной плазмой, открыла целый ряд уникальных и перспективных направлений фундаментальных и прикладных исследований, связанных с “настольными” ускорителями заряженных частиц, генерацией излучения в широчайшем диапазоне – от терагерцевого до гамма диапазона, а также ядерной фотоники, физикой высоких плотностей энергии и др.

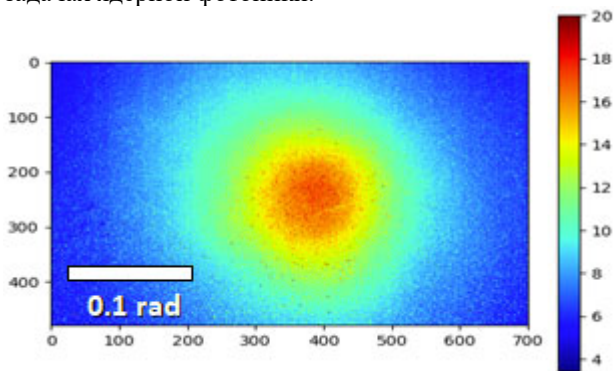
Исследования по данным направлениям ведутся на кафедре общей физики и волновых процессов в лаборатории релятивистской лазерной плазмы с использованием уникального тераваттного фемтосекундного лазерного комплекса на кристалле Ti:Sapphire. Отметим, что начало исследований было положено на нашей кафедре еще в конце 80-х годов прошлого века выдающимся ученым профессором С.А. Ахмановым.

В лаборатории проводятся активные экспериментальные исследования по широкому спектру задач в сочетании с проведением численных расчетов для предсказания и осмысления получаемых результатов. Все исследования поддерживаны грантами РНФ и РФФИ. Немаловажным фактором является активное взаимодействие с группами теоретиков МГУ, институтов РАН и за рубежом. Наиболее тесно сотрудничество установлено с коллегами из Физического института им. П.Н. Лебедева, Института ядерных исследований, а также ОИВТ РАН, НИЯУ МИФИ, ИПФ РАН, МИЭТ. Международные связи лаборатории осуществляются в первую очередь в рамках различных международных проектов и грантов: лаборатория CELIA в университете г. Бордо (Франция), GSI в г. Дармштадт (Германия), ELI в г. Жегед (Венгрия) и др. Коллектив лаборатории регулярно публикуется в ведущих научных журналах. Опишем вкратце некоторые направления исследований и наиболее яркие результаты последних лет.

1) Компактный ускоритель электронов на основе лазерно-плазменного взаимодействия. В цикле исследований, опубликованных в журналах *Physics of Plasmas*, *Plasma Physics and Controlled Fusion*, *Physical Review E* и др., был развит оригинальный подход к управлению свойствами плазмы, с которой взаимодействует сверхинтенсивный лазерный импульс. В частности, удалось найти режим направленного ускорения электронов лазерным импульсом в плазме подкритической плотности. Преимуществом плазменных ускорителей по сравнению с традиционными является максимально допустимое ускоряющее поле: оно на 3

порядка выше, чем в обычных ускорителях. Это связано с экранирующим действием плазмы – в вакуумных резонаторах ускорителя при подобных полях просто начнется пробой. В основе метода ускорения, исследованного в лаборатории, лежит процесс формирования в плазме так называемого релятивистского канала – световое давление лазерного импульса расталкивает электроны плазмы, создавая канал диаметром в несколько микрон и длиной в десятки или сотни микрометров. При определенных условиях электроны могут быть инжектированы в канал (при распаде плазменных волн) и претерпевают ускоряющее действие поля импульса, а синхронизм с бетатронными колебаниями в канале практически нивелирует тормозящую часть периода поля. В результате формируется коллимированный пучок электронов с энергией до десятка МэВ, зарядом ~ 50 пКл и рекордным удельным зарядом в 1-2 нКл/Дж. На рисунке показан экспериментальный пучок электронов с энергией выше 2 МэВ на сцинтилляционной пластине, усредненный по последовательным 1000 выстрелам.

В настоящее время мы активно развиваем исследования, связанные с применением полученного пучка для создания источника гамма-излучения в задачах ядерной фотоники.



Экспериментальное изображение лазерно-ускоренного пучка электронов с энергией больше 2 МэВ

2) Исследование возможностей лазерно-плазменного рентгеновского источника для задач фазово-контрастной рентгенографии биологических объектов. Одной из важных задач, решаемых в лаборатории, является создание эффективных источников жесткого рентгеновского излучения. В частности, недавно были проведены подробные ис-



следования яркости, спектра, стабильности, пространственной когерентности источника жесткого рентгеновского излучения, получаемого на поверхности металлической мишени при воздействии на неё лазерного импульса с пиковой интенсивностью свыше 10^{18} Вт/см². Оценки показывают, что с помощью источника могут быть получены фазово-контрастные изображения в разумной геометрии эксперимента, когда изображение может быть получено за малое время экспонирования. Также нами предложен оригинальный метод компенсации поперечных смещений рентгеновского источника, в основе которого – получение изображений в каждом лазерном выстреле в присутствии в поле детектора маркера, позволяющего отслеживать положение источника. Простая корректировка положения кадра с последующим суммированием позволяет повысить четкость изображения и выявить интерференционные эффекты при их изначальном замытии. С применением нового подхода получены



Фазово-контрастное изображение комара, полученное на лазерно-плазменном рентгеновском источнике

фазово-контрастные изображения тестовых объектов на К-альфа линии меди (8 кэВ) от лазерно-плазменного источника на поверхности медной мишени (интенсивность лазера около 2×10^{18} Вт/см² при частоте следования 10 Гц). Получен контраст на границе объектов около 7%, что разумно согласуется с ожидаемым значением. При этом время экспозиции при расстоянии от плазмы до объ-

екта в 10 см и от объекта до детектора в 44 см составило лишь 100 лазерных импульсов. Показано, что такого экспонирования достаточно для получения фазово-контрастных изображений насекомых (см. ниже). Пространственное разрешение составляет около 15 мкм.

3) Термоядерный синтез “на столе”. В лазерно-плазменных экспериментах активно применяются также специально подготовленные мишени с структурированной на масштабе длины волны и менее поверхностью (разного рода, наностолбики, пены, поры и т.п.). Такие мишени способствуют повышению поглощения оптического излучения, появлению эффектов усиления локального поля на неоднородностях, росту прогреваемого слоя за счёт более глубокого проникновения пучка в среду с пониженной средней плотностью. Одно из направлений, где применяют-



ся такие мишени, связано с получением нейтронного источника на основе ядерных реакций с выходом нейтральных частиц. Формируемый поток быстрых нейтронов из лазерной плазмы благодаря своей сверхмалой длительности, сравнимой с временем воздействия лазерного импульса, находит применение в передовых задачах сверхбыстрой нейтронной диагностики и томографии, ядерной фотоники. В лаборатории предложен оригинальный способ повышения эффективности термоядерной реакции дейтрон-дейтронного (DD) синтеза (сопровождающейся образованием быстрого нейтрона >2.5 МэВ) ядра гелия He-3) при воздействии фемтосекундного лазерного импульса сверхвысокой интенсивности (свыше 10^{18} Вт/см²) на вспененные дейтерированные мишени. Применение мишеней с пониженной средней плотностью (менее 0.5 г/см³) позволило увеличить глубину проникновения лазерного излучения в мишень. Переход из поверхностного поглощения в режим объёмного нагрева вещества привёл к росту потока нейтронов из плазмы до нескольких раз по сравнению с обычной дейтерированной CD_2 пленкой. Пиковое значение потока нейтронов достигало почти 10^5 на Джоуль вложенной лазерной энергии, что находится в одном ряду с лучшими мировыми результатами.

4) Множественная управляемая филаментация мощного фемтосекундного лазерного излучения в газовых средах. При распространении мощного фемтосекундного излучения в любой среде происходит самофокусировка пучка, а баланс этого процесса с дефокусировкой вследствие наведенной ионизационной линзы и дифракцией приводит к квазиволноводному распространению лазерного излучения на большие расстояния и формированию протяженных плазменных каналов – филаментов. При условии, что пиковая мощность излучения во много раз превышает критическую мощность самофокусировки, формируются множественные филаменты. Одной из актуальных задач здесь является управление множественной филаментацией, т.е. её параметрами: концентрацией плазмы и энерговкладом в среду, пространственной структурой плазменных каналов, их длиной и числом. В частности, сложение филаментов в условиях дополнительной слабой фокусировки позволяет преодолеть насыщение интенсивности и концентрации плазмы, характерные для одиночных филаментов. Формирующаяся при этом протяжённая область с более высокими значениями интенсивности и концентрацией плазмы получила название суперфиламент, а сам режим распространения излучения назвали суперфиламентацией. Повышение плотности энергии, вложенной в среду, интенсивности излучения и концентрации плазмы в филаментах имеет важное значение для таких потенциальных приложений филаментов, как генерация терагерцевого излучения, удалённая спектроскопия пробоя, улучшение аэродинамических характеристик ле-



тательных аппаратов с помощью создания плазменных каналов перед ними и ряда других.

Для управления филаментацией нами развивается подход, в котором фазовый либо амплитудный фронт лазерного пучка модулируется с помощью специальных экранов. Для проведения исследований применен разработанный в лаборатории оригинальный метод регистрации широкополосных ультразвуковых сигналов филамента. Это позволило исследовать переход от одиночного филамента к суперфиламенту при увеличении мощности пучка. Было показано, что объёмная плотность энергии, вложенной в среду, в случае суперфиламента в 1,5–3 раза выше, а линейная – почти в 10 раз выше, чем в одиночном филаменте. При использовании различных фазовых масок были получены неслияющиеся регулярные филаменты. В настоящее время в лаборатории запущена атмосферная трасса длиной до 50 м, что открывает совершенно новые возможности для исследований. Результаты работ опубликованы в цикле статей в таких журналах, как *New Journal of Physics*, *Laser Physics Letters*, «Письма в ЖЭТФ». Отметим также, что эти экспериментальные исследования проводятся в тесном сотрудничестве с теоретической группой профессора О.Г. Косаревой.



*Фотография люминесценции плазмы при слиянии каналов
четырёх взаимодействующих филаментов*

Наша научная группа почти целиком состоит из бывших и нынешних студентов и аспирантов лаборатории. В лаборатории есть установившиеся традиции, будь то совместные неформальные встречи вне пределов МГУ, выезды на природу, в походы и на научные конференции. Веселый нрав, открытость и общительность позволяют поддерживать дружескую атмосферу и добрые связи с коллегами из других лабораторий и институтов.

Многообразие задач лаборатории даёт также широкие возможности для подготовки новых молодых специалистов-физиков (здесь и курсовые работы 2-го года обучения, а также бакалаврские и магистерские диссертации для студентов). Список экспериментальных задач, с которыми можно ознакомиться на сайте лаборатории, дополняется чис-



ленным моделированием (метод “частицы в ячейке” активно применяется для моделирования лазерно-плазменного взаимодействия), программированием (ПЛИС, микроконтроллеры, автоматизация управления экспериментом и др.)

Новости о последних публикациях, информация о сотрудниках лаборатории, предстоящих семинарах и встречах, а также контактные данные можно найти на нашей страничке на сайте кафедры общей физики и волновых процессов: <https://ofvp.phys.msu.ru/lab/plasmalab/>.

*С.н.с. К.А. Иванов, аспирант Д. Горлова, м.н.с. Д. Пушкарев,
профессор А.Б. Савельев-Трофимов,
кафедра общей физики и волновых процессов*

СТУДЕНЧЕСКИЙ СЕНТЯБРЬ



Активная и разнообразная студенческая жизнь встретила первокурсников физического факультета еще до официального начала учебы.

В свой первый день на факультете, 31 августа, ребята познакомились не только с администрацией и своим куратором, но и со старшекурсниками-групповодами и представителями Профкома. Ребятам рассказали



про их права как студентов, про бонусы и льготы, которые могут получать члены профсоюза, и про самые разные мероприятия, которые проходят на физфаке в течение года. Групповоды показывали новоиспеченным студентам кампус и интересные места поблизости, отвечали на все вопросы о студенческой жизни и знакомили будущих одногруппников между собой, помогая влиться в новый коллектив и непривычную пока обстановку.

Первого сентября ребят ждал масштабный «День первокурсника» с официальной частью и развлекательными активностями в шатрах на площади перед факультетом. К первокурсникам торжественно обратился ректор университета Виктор Антонович Садовничий, после чего прошла церемония посвящения и праздничный концерт. Всю официальную часть можно было увидеть не только в актовом зале Главного здания, но и в прямой трансляции.



После этого в шатрах перед Главным зданием началась «Ярмарка знаний». Студенты самых разных факультетов в игровой форме рассказывали о своих специальностях, самых ярких и интересных мероприятиях, культурных секциях и многом другом. Физики удивляли яркими и зрелищными опытами в естественно-научном кластере, доказы-



вали самые невероятные теории в шатре «Псевдонаучной конференции МГУ», отгадывали популярные и не очень фильмы вместе с Фестивалем студенческих короткометражек «Грач», пробовали себя в актерском мастерстве вместе с «Театром КТ» и согревались жаркими дискуссиями с «Клубом дебатов».

В течение двух следующих недель компетентные члены Профкома студентов провели для каждой группы первого курса отдельный ликбез по стипендиальным и другим выплатам на факультете. Ребятам постарались как можно более полно и понятно объяснить, на какую материальную поддержку они имеют право, какие заявления и куда нужно приносить, как часто и в каком размере эта поддержка будет выплачиваться.



Следующим крупным мероприятием стало Посвящение в физики. Это одно из центральных событий первых недель на факультете. Оно проходит два дня в одном из подмосковных лесов, куда каждую группу сопровождают ее групповоды. Всех испытаний, конкурсов и приятных сюрпризов, которые ждали первокурсников, не перечислить, зато можно точно сказать, что Посвящение — это про традиции и единение, про людей и атмосферу таинственности. Идеи, доносимые этим событием, каждый год разные, но все они о поиске. О поиске себя в науке или учебе и о поиске места в жизни в целом.



После Посвящения прошел «Фестиваль первокурсника», где ребята продолжили ближе знакомиться друг с другом и с факультетом, с которым так тесно будет связана их жизнь ближайшие как минимум шесть лет. Они заполняли чек-листы в течение недели до фестиваля, слушали полезные лекции и проходили финальный квест, в конце которого каждая группа получила небольшие памятные подарки.

Такой насыщенный сентябрь – только начало бурной, интересной и незабываемой студенческой жизни для наших первокурсников. Мы надеемся, что он подарил ребятам море положительных эмоций и вдохновения, превратился в теплые и согревающие воспоминания и оставил в предвкушении, ведь впереди у них только еще более невероятное путешествие!

Ерохина Мария, Аминева Анна

Использованы фотографии с сайта МГУ

https://www.msu.ru/news/?PAGEN_1=2

СЛОВО О ПОЭТЕ К 80-летию Сергея Крылова



Мы с Сергеем Крыловым – однокурсники, но я мало что знаю о нем с точки зрения его профессиональной деятельности. Знаю только, что он учился на отделении ядерной физики и что он – кандидат физ.-мат. наук. Зато я много могу рассказать о его «ненаучной» деятельности.

Сергей – один из самых ярких представителей физиков-лириков, сделавшим немало во славу физфака и «физического

искусства». Он был участником первого студенческого строительного отряда физфака 1959 г., с которого началось движение ССО в стране. С 1962 по 1965 гг. Сергей руководил агитбригадой физфака, с 1965 по 1968 гг. был руководителем и автором программ студии «Феникс», в



качестве председателя жюри провел множество фестивалей самодеятельной песни.

Наша агитбригада по праву занимала первое место среди других агитбригад МГУ, да и среди агитбригад всей страны. Нас посылали выступать по всем городам и весям СССР и даже за рубеж. Мы побывали на Дальнем Востоке и на Камчатке, в Липецке и Казахстане, в Польше, Чехословакии и Югославии. И всюду нас встречали и провожали восторженные отзывы благодарных зрителей. Наша агитбригада дала миру таких замечательных поэтов, авторов музыки и песен, как Валерий Миляев, Геннадий Иванов, Сергей Никитин, Сергей Смирнов. Дмитрий Гальцов, и конечно, Сергей Крылов. Не могу не вспомнить еще об одном великом человеке, вышедшем из нашей агитбригады. В те времена каждая программа агитбригады должна была проходить комиссию парткома факультета. У нас был гитарист Толя, который умел играть «Аппассионату» Бетховена. Как известно, ее очень любил Ленин. И на комиссии мы первым номером запускали Толю, после чего перед нами открывалась «зеленая улица».

А кто теперь гитарист Толя?

Это академик РАН директор ГАИШа Анатолий Михайлович Черепашук!

Перед поездкой в Липецк в 1961 г. Сергей сочинил незамысловатую, но очень трогательную песенку, ставшую приветственной во всех наших выступлениях:

Здравствуйте,
Здравствуйте, здравствуйте,
Слушайте нас.
Старые, малые, разные,
Это для вас.
Сказки, и пляски, и пение,
Радостный смех
Смогут поднять настроение
Сразу у всех.
Мы не артисты, студенты мы,
Но не беда,
Ездим с лихими концертами
По городам.
Здесь номера интересные
Мы привезли вам с песнями
Привет из Москвы.

В агитбригаде началось сотрудничество двух Сергеев: Крылова и Никитина. В результате их совместного творчества родились такие



песни, как «Маленький трубач», «Зимние ночи», «Белые тихие вьюги» и др. Визитной карточкой агитбригады стала песня «Бродячая» (музыка С. Никитина, слова С. Крылова):

Чуть-чуть беспомощно
Вагоны качаются,
И все получается
Само собой.
Не то, чтобы грустные,
Скорее усталые,
Мы возвращаемся домой.

За всю свою жизнь Сергей сочинил около 150 стихотворений и почти столько же песен. Многие его песни ушли в народ. Но настоящей «нетленной» стала песня Сергея «Зимняя сказка» («Желтый цыпленок»), слова и музыку к которой написал он сам. На любом концерте, как только Крылов начинал петь: «Когда зимний вечер уснет тихим сном...», весь зал начинал подпевать. А если Сергей почему-то иногда собирался уходить со сцены, не исполнив этой песни, зрители не отпускали его и дружно кричали: «Цыпленка давай, цыпленка!». «Зимняя сказка» давно живет своей самостоятельной жизнью. Сергей как-то сказал: «Иногда мне даже кажется, что это не я ее написал».

Сергей оказал мне неоценимую помощь при издании к 70-летию физфака МГУ книги «Ты помнишь, физфак?».

В 2018 году Сергей издал сборник своих песен под чудесным названием «Нарисовал я лучик света». Через эти песни становится более понятным и близким основной дар Крылова – потребность и способность ощущать красоту мира независимо от погоды, времени года и превратностей судьбы.

Я желаю Сереже еще много лет не утратить этого дара и «нарисовать новые лучики света».

*Светлана Ковалева, выпуск 1964 года, канд. физ.-мат. наук
Член Союза писателей РФ*

P.S. Примечания Главного редактора.

Дополним, что Крылов работал в Физическом институте имени Лебедева АН СССР, затем – научным редактором в издательстве «Высшая школа», позже – журналистом.

30 июня с.г. «Российская газета» поздравила поэта-физфаковца Сергея Анатольевича Крылова с юбилеем (№142 (8493)). Не каждого физфаковца «Российская газета» поздравляет с юбилеем!



Физфаковцы – поклонники Крылова, его друзья, редакция «Советского физика» присоединяются к поздравлению, желают и дальше ЖИТЬ И ТРУБИТЬ!



Песня о маленьком трубаче

*Стихи Сергея Крылова,
Музыка Сергея Никитина*

Кругом война, а этот маленький...
Над ним смеялись все врачи:
«Куда такой годится маленький,
Ну разве только в трубачи? »
А что ему? – Все нипочем:
«Ну трубачом, так трубачом! »

Как хорошо, не надо кланяться –
Свистят все пули над тобой.
Везде пройдет, но не расстанется
С своей начищенной трубой.
А почему? Да потому,
Что так положено ему.



Но как-то раз в дожди осенние,
В чужой стране, в чужом краю
Полк оказался в окружении,
И командир погиб в бою.
Ну как же быть? Ах, как же быть?
«Ну что, трубач, тебе трубить!»

И встал трубач в дыму и пламени,
К губам трубу свою прижал –
И за трубой весь полк израненный
Запел «Интернационал!».
И полк пошел за трубачом –
Обыкновенным трубачом.

Солдат, солдат, нам не положено,
Но, верно, что там – плачь, не плачь –
В чужой степи, в траве некошенной
Остался маленький трубач.
А он, ведь он – все дело в чем! –
Был настоящим трубачом.

1964

О ВЛКСМ

30 лет назад прекратил свое существование КОМСОМОЛ.

В сентябре 1991 года был распущен Всесоюзный Ленинский Коммунистический Союз Молодёжи. Попытки воссоздать или создать подобную молодежную организацию не увенчались успехом.

Причина этого, на мой взгляд, очевидна: создать подобное можно только поставив идеальную, фантастическую цель. А стремясь к ней, походя, можно решать великие, невыполнимые для низменно мыслящих и низменно живущих, цели.

Чтобы ни говорили, Всесоюзный Ленинский Коммунистический Союз Молодёжи сделал для нашей страны очень и очень много.

Пусть в память о Комсомольцах прозвучит эта песня. Советую прослушать ее в исполнении Ю. Гуляева.

Показеев К.В.



Песня о тревожной молодости

Забота у нас простая, забота наша такая,
Жила бы страна родная, и нету других забот.
И снег, и ветер, и звезд ночной полет,
Меня мое сердце в тревожную даль зовет.

Пускай нам с тобой обоим беда грозит за бедою,
Но дружбу мою с тобою одна только смерть возьмет.
И снег, и ветер, синих звезд ночной полет,
Меня мое сердце в тревожную даль зовет.

Пока я ходить умею, пока глядеть я умею,
Пока я дышать умею, я буду идти вперед.
И снег, и ветер, синих звезд ночной полет,
Меня мое сердце в тревожную даль зовет.

И так же, как в жизни каждый, любовь ты встретишь однажды,
С тобою, как ты, отважно сквозь бури она пройдет,
И снег, и ветер, синих звезд ночной полет,
Меня мое сердце в тревожную даль зовет.

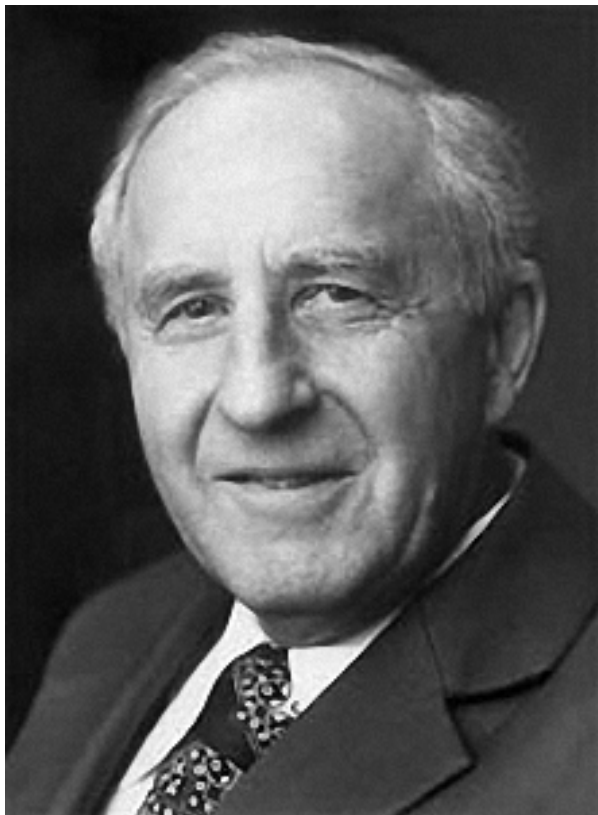
Не думай, что все пропели, что бури все оттремели,
Готовься к великой цели, а слава тебя найдет.
И снег, и ветер, синих звезд ночной полет,
Меня мое сердце в тревожную даль зовет.

И снег, и ветер, синих звезд ночной полет,
Меня мое сердце в тревожную даль зовет.



ЭПИЗОДЫ БОЛЬШОЙ ЖИЗНИ

(К 110-летию со дня рождения академика В. В. Мигулина)



10 июля 2021 года исполнилось 110 лет со дня рождения выдающегося советского и российского ученого, педагога и организатора науки академика Владимира Васильевича Мигулина (1911–2002). В.В. Мигулин прожил долгую жизнь, насыщенную трудом, творчеством и служением Отечеству. Он был автором и руководителем основополагающих, пионерских работ по вопросам физики колебательных систем, распространения радиоволн и исследования ионосферной плазмы. Во время Великой Отечественной войны он разрабатывал и создавал необходимые для Красной Армии системы радиолокации и радионавигации. В послевоенные годы В.В. Мигулин был ответственным участником советского



атомного проекта. Он на высоком уровне представлял нашу страну в международных организациях: был заместителем генерального директора Международного агентства по атомной энергии (МАГАТЭ), а впоследствии – вице-президентом Международного радиосоюза (УРСИ). Был одним из создателей Института радиотехники и электроники Академии наук (ИРЭ), на протяжении 20 лет, с 1968 по 1989 годы, руководил Институтом земного магнетизма, ионосферы и распространения радиоволн (ИЗМИРАН).

Особое место в жизни В.В. Мигулина занимала работа на физическом факультете МГУ. Преподавательскую деятельность на факультете Владимир Васильевич начал в 1935 году. Он заведовал кафедрами радиофизического отделения – кафедрой радиолокации (с 1947 по 1956 гг.) и кафедрой физики колебаний (с 1956 по 2001 г.). На кафедре физики колебаний В.В. Мигулин вырастил и воспитал дружный коллектив талантливых учеников, которые внесли весомый вклад в развитие физики колебаний и волновых процессов.

В силу разнообразия и специфики деятельности В.В. Мигулина, не все его труды и достижения широко известны. Приведенное здесь сухое и неполное перечисление дает лишь общее представление о масштабе и количестве дел, выпавших на его долю. Более полный очерк жизненного и творческого пути В.В. Мигулина содержит книга, изданная на физическом факультете МГУ в 2006 году [1]. В ней также приведены воспоминания учеников Владимира Васильевича, передающие чувство восхищения и душевного отношения к учителю.

В свое время сам Владимир Васильевич рассказывал о себе и своих делах не слишком много. Тем более запоминающимися были его слова. Иногда это были рассказы, иногда – короткие реплики, в которых раскрывалась его совершенно потрясающая личность. О некоторых из них хотелось бы вспомнить в год юбилея.

«Такая навигация...»

В конце 1980-х годов на нашей кафедре была студенческая группа, которую опекали два куратора. Набирал группу Г.А. Непокойчицкий, но вскоре он уехал в длительную командировку, а группу передали на мое попечение. Затем Г.А. Непокойчицкий временно вернулся и снова взял группу под свое крыло. Тогда у него возникла идея устроить встречу студентов группы с заведующим кафедрой, и он попросил Владимира Васильевича рассказать студентам-колебателям о своем жизненном пути. Владимир Васильевич согласился, и в конце 1988 года в его кабинете состоялось две таких встречи-чаепития. И ряд вещей, о ко-



торых тогда рассказал В.В.Мигулин, ни в каких воспоминаниях о нем мне больше не встретился.

Важное практическое значение работ по интерференции радиоволн, проведенных В.В. Мигулиным и его коллегами в предвоенный период, оценило такое могущественное ведомство, как НКВД, по заказу которого в канун войны и в первые месяцы Великой Отечественной войны им была изготовлена радиотехническая аппаратура. В дальнейшем Владимир Васильевич был призван служить в НИИ ВВС. Там он создал первую отечественную систему радионавигации для самолетов.



*Капитан Владимир Мигулин – Начальник отделения
ГК НИИ ВВС РККА (1943 г.)*

Испытание системы перед государственной комиссией состоялось летом 1943 г. Бомбардировщик Пе-2 взлетел с аэродрома на Урале и в условиях сплошной низкой облачности, ориентируясь лишь с помощью системы радионавигации, долетел до города Курган в Зауралье, пролетев точно над колокольней, которую госкомиссия определила в качестве цели. Результат оказался блестящий – погрешность наведения на дистанции 400 км составила порядка десятка метров, и это в то время, когда о системах типа GPS и ГЛОНАСС не приходилось и мечтать. Владимир Васильевич гордился таким результатом и неоднократно



вспоминал об этом эпизоде. Упомянул он о нем и студентам на встрече, состоявшейся в 1988 году.

Студенты сразу заинтересовались, что же было с этой системой дальше. И Владимир Васильевич рассказал. Естественно, после успешных испытаний встал вопрос о принятии разработанной им системы радионавигации на вооружение бомбардировочной авиации. Для этого протокол госкомиссии должен был утвердить командующий дальней авиацией А.Е. Голованов [2]. В кабинете командующего собрали членов госкомиссии, Голованов пролистал протокол и спросил:

– У меня один вопрос. Какое напряжение использует бортовая аппаратура? Разработчик системы капитан Мигулин доложил:

– Максимум три киловольта (это было напряжение питания осциллографической трубки).

После чего Голованов сказал:

– Мои пилоты вылетают на боевое задание с полными заправленными баками, сильный запах горючего стоит даже в кабине летчиков. Если будет хоть одна искра – самолет взорвется. А вы хотите протащить в кабину три киловольта. Да случись что – *Сталин мне за такую навигацию голову открутит!* Не подпишу! И не утвердил протокол.

Так что радионавигация на советских самолетах появилась заметно позже, ближе к концу войны. Однако работа над новой аппаратурой шла уже не на пустом месте. На том же чаепитии со студентами Владимир Васильевич вспоминал, как в 1945 году НИИ ВВС командировал его в Германию разыскивать радиоаппаратуру, которая использовалась при запусках немецких ракет ФАУ-2. Однажды они с водителем неудачно сориентировались на дороге и попали на территорию, откуда регулярные немецкие части уже ушли, а наши еще не пришли. Оказаться ближе к ночи на такой ничейной земле – очень смутное чувство, вспоминал ВВМ.

В 1945 году В.В. Мигулин был награжден орденом Красной Звезды. В 1946 году он был удостоен Сталинской премии за создание новой радиолокационной и радионавигационной аппаратуры.

«А мы вам поможем»

После войны В.В. Мигулин перешел на работу в Лабораторию №3 Академии наук (ранее, на заре атомного проекта, так назывался ИТЭФ). Пригласил его туда академик А.И. Алиханов, с которым Мигулин был знаком с довоенных времен. Начальство НИИ ВВС не хотело его отпускать, однако по представлению Курчатова это пришлось сделать. В лаборатории №3 радиофизик Мигулин занимался построением ускорителей. Неудивительно, ускоритель – это электронный радиопри-



бор, только большой. По вполне понятным причинам, публикаций этих работ В.В. Мигулина не было. Однако неслучайно он был редактором переводной книги по электронике в ядерной физике [3]. Также неслучайно В.В. Мигулин председательствовал на посвященном ядерной электронике заседании международной конференции по ядерной физике 1959 года (это фото было представлено на выставке в библиотеке физического факультета к 70-летию Мигулина). Спустя полвека на защите одной из дипломных работ Владимир Васильевич обмолвился: «Ускоритель – очень интересная колебательная система, с исключительно малым затуханием».

Работая в ядерном институте, В.В.Мигулин защитил в то же время докторскую диссертацию по теме «Интерференция радиоволн», основанную на материалах его исследований предвоенных лет. По докторской диссертации была опубликована классическая статья в УФН [4]. С 1947 года он стал заведующим кафедрой радиолокации в МГУ (в бумагах того времени она называлась «кафедра №22»). Летом 1951 года В.В. Мигулина назначают директором института, входившего в систему Первого Главного управления при Совете министров СССР (предшественника Министерства среднего машиностроения). Вот как об этом рассказал сам Владимир Васильевич на той памятной встрече со студентами. В один из дней коллеги неформально сообщили ему: «Иди к начальству, тебя назначили директором института в Сухуми». Поскольку такое назначение никак не входило в планы Мигулина, он решил на это сообщение не реагировать и продолжал свою обычную работу (обычная работа – это с раннего утра и до позднего вечера).

Но вот, через несколько дней, в один из вечеров, когда он находился в лаборатории, последовал телефонный звонок, чтобы он срочно явился в администрацию института, поскольку *за ним приехали*. Является Мигулин по вызову, его усаживают в авто и везут непосредственно в приемную Л.П. Берии, который в то время был заместителем председателя Совета министров по военно-промышленному комплексу. В приемной пришлось ждать довольно долго, более часа. Наконец, его впускают в кабинет высокого начальства. Берия поднял глаза от бумаг на столе и спросил своим характерным скрипучим голосом:

– Вы почему не принимаете дела по руководству институтом? – Владимир Васильевич ответил:

– *Мне никто не показывал приказа о моем назначении.* – (Грамотный ответ, в духе времени). Берия продолжил:

– Правительственное постановление о вашем назначении состоялось, и дальнейшее промедление с его выполнением приведет к *нежелательным последствиям*.



Владимир Васильевич еще успел сказать, что должность директора очень ответственная, а он не имеет опыта руководящей работы такого уровня. На что Берия ему ответил:

– *А мы вам поможем.*

И в ту же ночь В.В. Мигулин вылетел самолетом принимать дела вверенного ему объекта. Впоследствии это учреждение получило название Сухумский физико-технический институт (Сухумский ФТИ), а в те времена это была «Военная база 0908». Сюда для работы по тематике атомного проекта были привлечены немецкие ученые, в том числе такие именитые, как нобелевские лауреаты Манфред фон Арденне и Густав Герц.

Наладить их эффективную работу совместно с нашими физиками и инженерами было очень непросто. Тем более в условиях режима строгой секретности и разделения немецких специалистов на категории (были там военнопленные, интернированные и работавшие по контракту). Как выразился на той встрече со студентами Владимир Васильевич, «Лаврентий Павлович выполнил свое обещание *"помочь"*, хотя и довольно своеобразно». Во время регулярных приездов с отчетами в Москву В.В. Мигулину в приемной зам. председателя правительства стали показывать доносы на него с обвинениями во всех смертных грехах. Но никаких грозных выводов по ним не следовало.

Студентов, конечно, интересовало, что было в тех доносах. Владимир Васильевич ответил:

– Чушь собачья.

(*Ну да, будь иначе, без «выводов» не обошлось бы.*)

– А кто писал эти доносы?

– Преимущественно те, кто обязан был присматривать, как идет работа в институте. Иногда мне зачитывали выдержки из этих писем, иногда давали читать самому, прикрывая от меня подписи, а подчас и не прикрывая.

– Значит, Вы знали, кто на Вас пишет? А впоследствии Вы встречались с авторами этих доносов?

– С некоторыми встречался.

– Ну и как Вы с ними общались?

– *Спокойно.*

«А заключение какое давать?»

Чрезвычайно поучительно было слушать не только то, о чем рассказывал В.В. Мигулин, но и то, как он это делал. О напряженных, драматических эпизодах повествовал живо, но не цветисто, не добавляя оценочных суждений последующих времен. Единственное, что он поз-



волял себе, как опытный лектор, – это легкую акцентировку наиболее многозначительных фраз из диалогов (ее я постарался выделить курсивом). О существе исследований в Сухумском ФТИ он особо не распространялся. Надо думать, прежде всего, это была привычка. В то время, когда проходила встреча, тематика и организация работ Сухумского ФТИ 50-х годов перестала быть секретной, но и не стала еще общим достоянием, о котором можно было бы прочесть в интернете или в «Аргументах и фактах» и «Независимой газете». Ну и кроме того, Владимир Васильевич этим давал понять, что те исследования были все-таки не слишком близки к его непосредственным научным интересам. На посту директора института от него требовалось другое – высокая ответственность, выдающиеся организаторские качества и совершенное знание немецкого языка.

Сейчас известно, что основные работы Сухумского ФТИ в то время относились к масс-спектрометрии и разделению изотопов. И о разделении изотопов на встрече со студентами все-таки зашла речь. Обсуждая рассказ Владимира Васильевича, кто-то из студентов выразился в том плане, что вот 50-е годы в нашей стране были временем бурного развития физики, а сейчас, по-видимому, бурное развитие получит экономическая наука (напомню, то чаепитие со студентами состоялась в разгар «перестройки»). На что Владимир Васильевич живо среагировал:

– А вы знаете, я вообще ни под каким видом не могу рассматривать экономику как науку. Имею здесь и личный опыт. Немецкие специалисты (он назвал фамилии) весьма успешно развили метод разделения изотопов с помощью ультрацентрифуг. Об их достижениях я доложил Б.Л. Ванникову [5]. Тот внимательно все выслушал и принял решение о подготовке метода к промышленному внедрению. Тут же при мне он вызвал начальника своего экономического департамента и дал ему задание подготовить экономическое обоснование по представленным мной материалам. Начальник департамента понимающе кивал головой и, получив задание, уже вышел из кабинета. Но через мгновение он снова заглянул в кабинет и, просунув голову в дверь, спросил Ванникова:

– *А заключение какое давать – положительное или отрицательное?*

– ...И с тех пор мало что изменилось, – подытожил ВВ.

...Выход своим научным интересам радиофизик Мигулин находил как раз на своей кафедре. О напряженном ритме жизни Владимира Васильевича в 50-е годы вспоминал его ученик, недавно скончавшийся профессор И.В. Иванов. Прилетал Мигулин из Сухуми по пятницам на закрепленном за ним самолете, читал лекцию студентам, проводил ка-



федеральный семинар (отсюда пошла полувековая традиция – проводить семинары кафедры колебаний по пятницам). А после, вечером, он ехал отчитываться перед высоким кремлевским начальством (которое в те времена имело обыкновение работать по ночам). На следующий день с утра Владимир Васильевич читал еще одну лекцию студентам, а затем приходил в лабораторию и садился на диван выслушивать доклады аспирантов о текущей работе. Часто бывало, что с началом докладов аспирантов Владимир Васильевич потихоньку засыпал, аспиранты умоляли, укладывали его поудобней на диван, чтобы шеф хоть немного отдохнул. Спустя недолгое время он просыпался, глядел на часы и торопился на аэродром – назад в Сухум. Однако впоследствии оказывалось, что то, что успевали сообщить аспиранты дремавшему Владимиру Васильевичу, он помнил, и в деталях. Так что на кафедре сотрудники старшего поколения знали, что сон Мигулина – далеко не всегда сон.

Работа В.В. Мигулина в Атомном проекте была оценена высшей государственной наградой – орденом Ленина – и присуждением ему Сталинской премии в 1953 году.

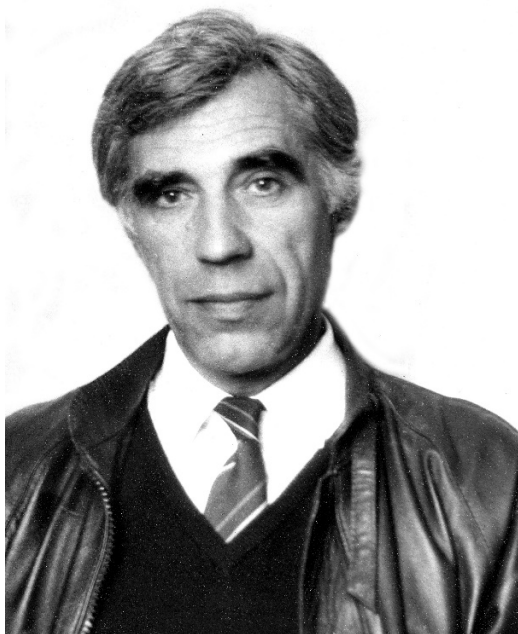
- [1] Ю.И. Кузнецов, А.С. Логгинов, И.И. Минакова. Владимир Васильевич Мигулин. М., Физический факультет МГУ, 2006.
- [2] Голованов Александр Евгеньевич – советский военачальник. Командующий Авиацией дальнего действия СССР (1942—1944). Главный маршал авиации (1944).
- [3] В. Элмор, М. Эндс. Электроника в ядерной физике. Под ред. и с предисл. В.В. Мигулина. М., «Иностранная литература». 1951.
- [4] В.В. Мигулин. Интерференция радиоволн. УФН. 1947. Т.33. В.3. С. 353 -438. Удивительно, но факт – в широко используемой интернет-энциклопедии эта статья даже не упоминается в числе основных публикации В.В. Мигулина.
- [5] Ванников Борис Львович - советский государственный и военный деятель, нарком и министр СССР, один из главных организаторов советской атомной программы, был начальником Первого главного управления, которое занималось строительством и управлением атомной отрасли.

Полную версию материала см. на сайте кафедры физики колебаний

Г.В. Белокопытов



БОРИС ЮЛИАНОВИЧ ТЕРЛЕЦКИЙ
(29.05.1934 – 6.06.2021)



6 июня 2021 г. на 88 году жизни после тяжелой болезни скончался старейший сотрудник физического факультета и кафедры физики колебаний, ведущий электроник кафедры Борис Юлианович Терлецкий.

Вступление Б. Ю. Терлецкого в самостоятельную жизнь пришлось на послевоенные годы. Как и большинство его сверстников, Б.Ю.Терлецкий прошел действительную воинскую службу. Он служил на Северном флоте, начинал свой матросский путь на Соловецких островах, и на всю жизнь сохранил флотскую закалку, так же, как и привязанность к Соловкам.

Более 60 лет жизнь Бориса Юлиановича была связана с физическим факультетом МГУ, где он работал на кафедре физики колебаний. На протяжении многих лет знания, опыт и непревзойденное мастерство Бориса Юлиановича в области создания уникальных физических приборов служили основой экспериментальных исследований различных



научных групп кафедры. В последние три десятилетия Б. Ю. Терлецкий плодотворно работал в научной группе лаборатории фотоники и спинтроники, созданной профессором А. С. Логгиновым.

Так сложилось, что профессиональный рост и творческое долголетие сотрудников факультета, работающих на инженерно-технических должностях, не столь очевидны, как у преподавателей и научных сотрудников. Однако вдумаясь: Б. Ю. Терлецкий начинал свою деятельность на факультете в эпоху ламповой электроники, прошел через период транзисторных схем и на завершающем этапе работал с интегральными схемами и микропроцессорами. При этом, уже в 2000-е годы, имея за плечами весьма солидный возраст, он самостоятельно создавал не имеющие аналогов экспериментальные установки, для фиксации глазковых диаграмм и определения вероятности ложных сигналов в волоконно-оптических линиях связи. А для этого нужны не только золотые руки и хорошее понимание физики, но и та изобретательность, которая позволяет реализовать устройство при наших вечно ограниченных материальных возможностях. И всеми этими качествами Борис Юлианович обладал в самой высокой степени.

Своими идеями, знаниями и опытом Борис Юлианович щедро делился со многими поколениями студентов, аспирантов и молодых исследователей. При этом большая разница в возрасте никогда не становилась барьером при его общении с младшими коллегами. С огромным терпением и благожелательностью Борис Юлианович объяснял им «на пальцах», что и как нужно сделать для достижения необходимых характеристик прибора, и почему нужно сделать так, а не иначе.

Коллектив кафедры колебаний с благодарностью вспоминает то, что Б. Ю. Терлецкий в течение длительного времени исполнял обязанности заведующего лабораторией, уделяя этому много времени и сил. Хорошо известно, что на плечи завлаба ложатся заботы по поддержанию кафедрального хозяйства, а также множество текущих кафедральных и факультетских поручений. Это работа, связанная с постоянным живым человеческим общением, причем зачастую поводы этого общения не вызывают энтузиазма у коллег. Борис Юлианович на посту зав. лабораторией проявил такие свои замечательные качества, как справедливость, рассудительность и такт. При этом он не скрывал своего отношения к различным жизненным ситуациям и поступкам людей. Его оценки нередко бывали критическими, но не помнится, чтобы они вызывали обиду. К его мнению прислушивались и молодые сотрудники, и руководство кафедры.



За мудрым советом к Борису Юлиановичу ходила вся кафедра. Да что кафедра, временами казалось, что весь факультет!

От нас ушел замечательный человек, выдающийся профессионал, мудрый и надежный товарищ. Светлая память о Борисе Юлиановиче Терлецком навсегда сохранится на физическом факультете, в сердцах всех, кто с ним работал.

Сотрудники кафедры колебаний, коллеги, друзья.

СОВЕТСКИЙ ФИЗИК

6(152)/2021
(декабрь)



ОРГАН УЧЕНОГО СОВЕТА, ДЕКАНАТА
И ОБЩЕСТВЕННЫХ ОРГАНИЗАЦИЙ
ФИЗИЧЕСКОГО ФАКУЛЬТЕТА МГУ
2021



**ПОЗДРАВЛЕНИЕ ДЕКАНА ФИЗИЧЕСКОГО
ФАКУЛЬТЕТА МГУ
ПРОФЕССОРА Н.Н. СЫСОНОВА С НОВЫМ ГОДОМ**



*Дорогие преподаватели,
сотрудники, студенты
и аспиранты физического
факультета!*

Сердечно поздравляю вас с наступающим Новым годом и светлым праздником Рождества Христова!

Уходящий год был для нас не легким, но даже пандемия оказалась не в состоянии помешать нам успешно заниматься наукой, обеспечивать учебный процесс, отлично учиться!

Я благодарен всем, кто самоотверженно трудился на благо факультета и университета, за достигнутые совместными усилиями результаты. Полученные гранты, победы в конкурсах преподавателей и студентов, улучшение наших показателей в международных рейтингах, новые образовательные программы, вклад в развитие фундаментальной науки – все это благодаря вашему высочайшему профессионализму, знаниям и огромному трудолюбию!

Не будем же останавливаться на достигнутом!

Пусть 2022 год принесет радость, интересные проекты, профессиональный рост, творческое вдохновение.

От всей души желаю вам здоровья, благополучия, хорошего настроения и личного счастья в Новом году!

Студентам желаю успешной сдачи сессии, будьте достойными нашего любимого университета!

С Новым годом!

*Декан физического факультета МГУ
профессор Н.Н. Сысоев*



ДВОЙНОЙ ЮБИЛЕЙ У АСТРОНОМОВ МГУ

В 2021 году астрономы МГУ отмечают двойной юбилей: 190-летие Астрономической обсерватории Московского университета и 90-летие Государственного астрономического института имени П.К. Штернберга (ГАИШ), созданного в 1931 году на базе этой обсерватории. В предлагаемом очерке мы расскажем о некоторых страницах истории и современной жизни этих двух учреждений, сыгравших важную роль в развитии отечественной и мировой науки. Начнем с предыстории.

Преподавание астрономии в Московском университете началось в 1770–80-е гг. Студентов знакомили лишь с элементами этой науки в рамках курсов математики и физики. Как самостоятельный предмет в расписании астрономия появилась в 1800 году, а в 1804 году, благодаря стараниям первого попечителя Московского учебного округа Михаила Никитича Муравьева (1757–1807), в университете, на отделении физических и математических наук была организована кафедра «астрономии наблюдательной». В этом же году университет стал обладателем своей первой обсерватории. По распоряжению М.Н. Муравьева, на крыше главного здания университета на Моховой была сооружена небольшая деревянная башня, оснащенная необходимыми для наблюдений инструментами. К сожалению, эта обсерватория просуществовала недолго, и в 1812 году, во время пожара Москвы, погибла вместе со всеми находившимися в ней инструментами.

Новую обсерваторию долгое время не удавалось создать, в первую очередь, из-за отсутствия подходящего места. Прежняя обсерватория была предназначена в основном для учебных целей. Между тем, университет нуждался в полноценной обсерватории, предназначенной не только для обучения студентов, но и для научно-исследовательской работы. Новую обсерваторию требовалось построить каменной, с мощным фундаментом, позволяющим устанавливать тяжелые высокоточные инструменты. При этом обсерватория нуждалась в подходящем для наблюдений месте, расположенном на возвышенности, за городом, чтобы не мешали пыль и дым от печей, но не слишком далеко. Оказалось, что большинство таких мест давно занято, а оставшиеся свободными стоили слишком дорого для университета.

Проблему помог решить купец-меценат греческого происхождения Зой Павлович Зосима (1754–1827), который в мае 1827 года подарил университету для строительства обсерватории свою дачу, расположенную, как указывалось в документах, «на Трех горах, близ Пресненской заставы». Дача находилась на высоком берегу Москвы-реки и к тому же сравнительно недалеко от университета. Место идеально подходило для



размещения на нем обсерватории. Ее создателем и первым директором стал профессор астрономии Дмитрий Матвеевич Перевоицков (1788–1880) – ученый-просветитель, впоследствии ректор Московского университета, член Санкт-Петербургской академии наук.



*Рис. 1.
Дмитрий Матвеевич
Перевоицков (1788–1880) –
создатель и первый директор
(1831–1851) обсерватории
на Пресне*

Строительство АО МГУ началось в феврале 1830 года, а 29 ноября (11 декабря) 1831 года Министерство народного просвещения приняло годовой отчет Московского университета, в котором сообщалось, что «здание обсерватории приведено к окончанию» и на ней проведены первые наблюдения. В 2001 году Ученый совет ГАИШ МГУ постановил считать 11 декабря Днем ГАИШ.

15 мая 1979 года комплекс зданий обсерватории был поставлен на государственную охрану как памятник истории и архитектуры. В настоящее время она входит в состав ГАИШ и носит название Красно-

пресненской обсерватории ГАИШ МГУ. В ее помещениях располагаются некоторые научно-исследовательские лаборатории института и Музей истории университетской обсерватории и ГАИШ. Важно отметить, что все строения обсерватории удалось сохранить. Благодаря постоянной заботе Дирекции ГАИШ и поддержке Ректората МГУ, осуществлены реставрация или ремонт большинства строений. Поэтому, попадая на территорию обсерватории, посетители как бы переносятся в Москву XIX века. При этом особый интерес у посетителей музея вызывает интерьер главного здания обсерватории – винтовые чугунные лестницы, специальная полукруглая мебель, украшенные орнаментами стены, старинные приборы и инструменты, рабочие места известных ученых и многое другое. Отметим, что некоторые экспонаты музея были сертифицированы как памятники науки и техники Российской Федерации 1-й категории. Кроме того, ряд коллекций музея был в прошлом году включен в перечень Золотого фонда МГУ, и сейчас, силами сотрудников музея ведется работа по созданию сайтов, позволяющих совершать виртуальные путешествия по залам обсерватории и знакомиться с хранящимися тут экспонатами.

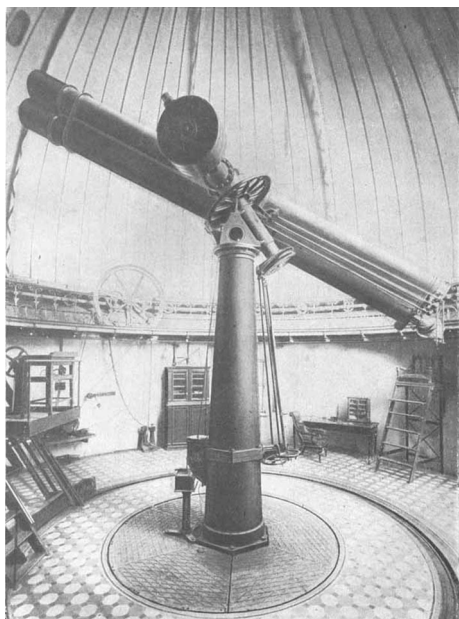


Рис. 2. Астрономическая обсерватория на Пресне в начале XX века

Безусловно, любителям истории науки Краснопресненская обсерватория интересна не только своим интерьером. Обсерватория сыграла важную роль в развитии астрономии в России. В XIX и начале XX вв.



здесь работали такие выдающиеся ученые, как Д.М. Перовошиков, Б.Я. Швейцер, Ф.А. Бредихин, В.К. Цераский, А.А. Белопольский, С.Н. Блажко, С.В. Орлов, П.К. Штернберг и другие. Учеными обсерватории была открыта и исследована Московская гравитационная аномалия, что стало толчком к становлению отечественной гравиметрии. В 1870–80-е гг. Ф.А. Бредихин разработал первую полную механическую теорию кометных форм. Он также провел первые в России спектральные наблюдения небесных объектов, в том числе Солнца, положив, тем самым, начало формированию Московской научной школы астрофизики. В 1887 году В.К. Цераский открыл серебристые облака и совместно с А.А. Белопольским определил высоту их нахождения. В 1895 году В.К. Цераский впервые в мире измерил нижнюю границу температуры поверхности Солнца, а 10 лет спустя, также первым в мире, определил его видимую звездную величину. На рубеже XIX и XX вв. В.К. Цераским, совместно с С.Н. Блажко, Л.П. Цераской и П.К. Штернбергом, были заложены основы отечественной астрофотометрии и начат систематический поиск и каталогизация переменных звезд. Благодаря Ф.А. Бредихину, с 1874 года в свет начали выходить тома «Анналов Московской обсерватории», в которых публиковались статьи на русском, немецком, французском и итальянском языках.



*Рис. 3.
15-дюймовый телескоп-астрограф – главный инструмент обсерватории; установлен в 1900 г., наблюдения начаты в 1902*

В период с 1894 по 1903 г., под руководством директора обсерватории В.К. Цераского и главного архитектора Московского университета К.М. Быковского была осуществлена капитальная реконструкция обсерватории. К ее главному зданию пристроили северное крыло, в котором находились учебная аудитория, а также специальный подвал для установки в нем высокоточных часов для службы времени.

Во дворе обсерватории построили 4 малых наблюдательных башни, а в башне главного здания обсерватории установлены новый купол и 15-дюймовый телескоп-астрограф, изготовленный известной фирмой «Репсольд и сыновья» и предназначенный как для визуальных наблюдений, так и для получения качественных астрофотографий.

После установки в 1900 году нового телескопа обсерватория на Пресне вошла в число крупнейших астрономических обсерваторий мира. Признанием же научных заслуг ряда сотрудников и воспитанников Астрономической обсерватории стало их избрание в Санкт-Петербургскую академию наук. Так, действительными членами Академии наук стали Ф.А. Бредихин (1890) и А.А. Белопольский (1903), членами-корреспондентами – М.Ф. Хандриков (1896), В.К. Цераский (1914), С.К. Костинский (1915).

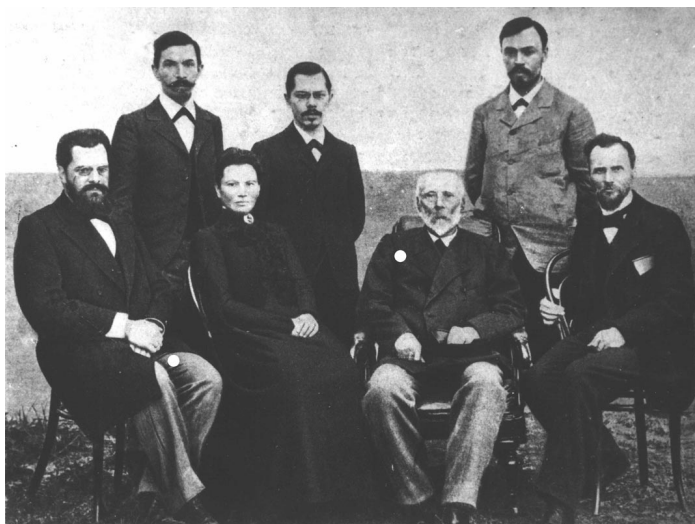


Рис. 4. Встреча в 1901 г. Ф.А. Бредихина с сотрудниками обсерватории. Слева направо: сидят – П.К. Штернберг, Л.П. Цераская, Ф.А. Бредихин, В.К. Цераский; стоят – С.Н. Блажко, С.А. Казаков, Б.П. Модестов



Развитие мировой и отечественной астрономии в 1920–30-е гг., а также необходимость решения широкого круга прикладных задач потребовали существенного расширения масштабов проводимых научных исследований и объединения усилий специалистов различных направлений. Для достижения этих целей в 1922 году был создан Астрономо-геодезический научно-исследовательский институт (АГНИИ), вошедший в Ассоциацию научно-исследовательских институтов Московского университета. Базой АГНИИ стала Астрономическая обсерватория, а директором института был назначен С.Н. Блажко, который одновременно, с 1920 по 1931 г. руководил обсерваторией. Независимо от университета, в 1923 году, по инициативе В.В. Стратонова и В.Г. Фесенкова был создан Государственный астрофизический институт (ГАФИ). Его первым директором стал В.Г. Фесенков.

Следующим шагом к созданию крупных астрономических центров стало образование ГАИШ на основе решения Коллегии Наркомпроса РСФСР от 29 июня 1931 года, подписанном наркомом просвещения А.С. Бубновым и утвержденном 29 октября 1931 года СНК РСФСР. Новый институт был создан путем объединения Астрономической обсерватории, АГНИИ и ГАФИ и первоначально носил название Объединенный астрономический институт. В 1932 году слово «объединенный» из названия института убрали, а самому институту было присвоено имя астронома-большешевика Павла Карловича Штернберга (1865–1920), который более 30 лет работал в Астрономической обсерватории и с 1916 по 1920 г. являлся ее директором. Ранее, с 1922 года, имя П.К. Штернберга носила Астрономическая обсерватория. С 1931 по 1954 г. ГАИШ располагался в помещениях Астрономической обсерватории на Пресне. В 1954 году институт переехал в новое здание на Ленинских (ныне Воробьевых) горах, где он и находится по сей день.

Первым директором ГАИШ был назначен математик А.А. Канчеев, руководивший институтом с 1931 по 1936 г. В последующие годы институтом руководили: В.Г. Фесенков (1936–1939), Н.Д. Моисеев (1939–1943), С.В. Орлов (1943–1952), Б.В. Кукаркин (1952–1956), Д.Я. Мартынов (1956–1976), Е.П. Аксенов (1977–1986), А.М. Черепашук (1987–2017). С 2018 года директором ГАИШ является К.А. Постнов.

Создание ГАИШ означало появление в СССР нового мощного научно-исследовательского института. В его штат в 1930-е гг. входило более полусотни сотрудников, работавших по разнообразной тематике, включавшей небесную механику, космологию, астрофизические исследования, звездную астрономию, в том числе изучение переменных звезд, гравиметрию и другие направления астрономической науки. Со-



трудники ГАИШ выполнили немало важных исследований. Отметим лишь некоторые из них.

Е.Я. Бугославская провела пионерские исследования структуры солнечной короны и по материалам беспрецедентных по своим масштабам наблюдений в гигантской полосе полного солнечного затмения 1936 года, протянувшейся от Дальнего Востока до Европейской части СССР, выявила вращение короны, как целого, вместе с Солнцем. С.Н. Блажко, Б.В. Кукаркиным, П.П. Паренаго и другими были продолжены работы по изучению переменных звезд, начатые в конце XIX века В.К. Цераским. В 1932 году на базе ГАИШ в АН СССР была образована Центральная комиссия по всестороннему изучению переменных звезд, объединяющая все исследования переменных звезд, ведущиеся в СССР. Комиссия приняла обширный «план Паренаго», предусматривавший интенсивные исследования переменных звезд до 12-й звездной величины в 176 площадках неба, важных для изучения строения нашей Галактики. Одним из итогов этих исследований стал выход в свет в 1937 году книги Б.В. Кукаркина и П.П. Паренаго «Физические переменные звезды» – первого тома из трехтомной коллективной монографии, посвященной современному (на тот момент времени) состоянию науки о переменных звездах.

Следует отметить, что достижения в предвоенное десятилетие советских, и прежде всего московских, астрономов в изучении переменных звезд были столь велики, что в 1946 году Международный астрономический союз (МАС) по инициативе Б.В. Кукаркина возложил на московский коллектив исследователей в ГАИШ и Астросовете АН СССР ответственность за составление единого Каталога переменных и списков обозначений переменных звезд. Уже в августе 1948 года, под руководством Б.В. Кукаркина и П.П. Паренаго, было осуществлено первое издание «Общего каталога переменных звезд», содержащее около 11 тысяч объектов.

Наряду с изучением переменных звезд сотрудники ГАИШ добились серьезных успехов и в других областях исследований. Широкую известность получили астрометрические работы М.С. Зверева по созданию Каталога слабых звезд и А.Я. Орлова по изучению движения полюсов Земли. Важные результаты в небесной механике были получены Н.Д. Моисеевым, Г.Н. Дубошиным, Б.М. Щиголевым. Эти результаты в немалой степени подготовили последующие, уже в послевоенные десятилетия, достижения в области исследования динамики движения искусственных и естественных спутников планет (Е.П. Аксенов, Е.А. Гребеников, В.Г. Дёмин, Г.Н. Дубошин). Быстрыми темпами в ГАИШ развивалась гравиметрия, в том числе первые в СССР (вторые в мире) морские гравиметрические измерения (Л.В. Сорокин).



В ГАИШ развивались актуальные направления астрофизических исследований, в том числе работы по изучению физики Солнца, проводимые В.Г. Фесенковым и его аспирантом Г.Ф. Ситником. Аспиранты В.Г. Фесенкова А.Б. Северный, Э.Р. Мустель и А.Л. Зельманов активно работали в таких областях астрофизики, как теория внутреннего строения звезд, теория звездных атмосфер, космология. К области астрофизики относятся также работы Б.А. Воронцова-Вельяминова по горячим звездам, новым звездам и газовым туманностям. С.В. Орлов активно работал в области физики комет, а А.А. Астапович – в области изучения метеоров. Существенное усовершенствование работы Службы времени ГАИШ позволило 1 сентября 1931 года начать подачу сигналов точного времени через широкоэвещательные радиостанции Москвы.

В годы Великой Отечественной войны многие сотрудники ГАИШ ушли на фронт. Десять из них погибли, защищая Родину. В ночь с 9 на 10 апреля 1944 года, совершая свой 645-й боевой вылет, героически погибла штурман 46-го гвардейского бомбардировочного авиаполка, сотрудница ГАИШ и студентка астрономического отделения МГУ Евгения Максимовна Руднева, удостоенная (посмертно) звания Героя Советского Союза.

В начале войны ГАИШ был эвакуирован в Свердловск. В Москве остались сотрудники Службы времени, работа которых была жизненно важна для нужд оборонной промышленности и фронта. Эта работа не прекращалась даже тогда, когда враг стоял под Москвой и астрономические наблюдения приходилось вести под бомбежками. Вскоре после Победы сотрудницы Службы времени М.А. Смирнова и А.С. Миролюбова были награждены орденами Ленина за мужество и героизм, проявленные в годы войны. Несмотря на то, что с началом войны научная тематика ГАИШ была пересмотрена в сторону решения задач, имеющих оборонное значение, во время эвакуации продолжались и чисто научные исследования. Так, С.В. Орлов завершил разработку новой классификации кометных форм и теории головы кометы. В 1943 году за эти работы ему была присуждена Государственная (Сталинская) премия СССР. В этом же году он был избран членом-корреспондентом АН СССР и назначен директором ГАИШ. Н.Д. Моисеев и Н.Ф. Рейн продолжили исследования в области небесной механики, а Э.Р. Мустель и А.Б. Северный – в области теоретической астрофизики. Б.А. Воронцов-Вельяминов, Н.Н. Парийский и В.Г. Фесенков, оставшиеся во время войны в Казахстане, не только продолжили научные исследования, но и создали новую астрофизическую обсерваторию, на базе которой впоследствии был образован Астрофизический институт АН Казахской ССР.



Послевоенные десятилетия стали временем расцвета ГАИШ. Число сотрудников института возросло по сравнению с довоенным периодом почти в десять раз. ГАИШ превратился в один из крупнейших в мире центров астрономических и астрофизических исследований, результаты которых получили высокую оценку как в СССР, так и за рубежом. Эти лидирующие позиции ГАИШ во многом сохраняет и в наши дни. При этом, наряду с научными исследованиями, сотрудники ГАИШ совместно с астрономическим отделением физического факультета МГУ осуществляют подготовку специалистов-астрономов широкого профиля, успешно работающих не только в России, но и во многих научных центрах всего мира.



Рис. 5. Новое здание ГАИШ на Ленинских горах в конце 1950-х гг.

Послевоенному расцвету ГАИШ способствовали, с одной стороны, высокий авторитет в СССР физико-математических наук, с другой – общая ситуация в астрономии, где в это время произошла настоящая научная революция. Благодаря проникновению в астрономию многих методов физических исследований (экспериментальных и теоретических), а также выведению наблюдательной аппаратуры за границы земной атмосферы, ученые получили возможность вести наблюдения во всем диапазоне электромагнитных волн, от радиоволн до рентгеновского гамма-излучения. По словам астрофизика И.С. Шкловского, астрономия превратилась из чисто оптической науки, каковой она была на протяжении всей своей истории, во всеволновую.

Применение новых методов исследований привело к открытию в 1950–60-е гг. квазаров, пульсаров, космических мазеров, радиогалактик и реликтового излучения, был достигнут прогресс в изучении процессов



звездообразования и многое другое. Кроме того, выход человека в Космос сделал возможным непосредственное изучение планет Солнечной системы. Мощный импульс к развитию получили и традиционные разделы астрономии – небесная механика, благодаря использованию ЭВМ, и оптическая наблюдательная астрономия, где вместо фотопластинок начали использовать гораздо более эффективные приемники.

Новейшие тенденции в развитии мировой астрономии нашли отражение в научно-исследовательской работе ГАИШ. При этом, в связи с тем, что астрономам требовалась всё более основательная подготовка в различных областях современной физики, астрономическое отделение МГУ в 1956 году было переведено с механико-математического факультета на физический.

В 1953 году, по инициативе И.С. Шкловского, в ГАИШ был создан отдел радиоастрономии, в рамках которого развивались на самом деле многоволновые исследования: наблюдательная радиоастрономия (Н.С. Кардашев), ультрафиолетовая и рентгеновская астрономия (В.Г. Курт), инфракрасная астрономия (В.И. Мороз), электронная оптическая телескопия (В.Ф. Есипов, П.В. Щеглов). В 1950–60-е гг. в ГАИШ сформировались научные школы космической магнитной газодинамики (С.Б. Пикельнер), релятивистской астрофизики (Я.Б. Зельдович), внегалактической астрономии (Б.А. Воронцов-Вельяминов), исследований Луны и планет (Ю.Н. Липский), физики Солнца (Г.Ф. Ситник), тесных двойных звездных систем (Д.Я. Мартынов). Сотрудники ГАИШ принимали активное участие в разработке и реализации многих космических программ. В связи с запусками баллистических ракет потребовалось расширение исследований гравитационного поля Земли. В 1955 году в ГАИШ была организована Постоянно действующая морская гравиметрическая экспедиция (ПДМГЭ), по материалам работы которой были созданы гравиметрические карты Мирового океана, Антарктиды и Австралии, впоследствии ПДМГЭ, первыми руководителями которой были В.В. Федынский и Н.П. Грушинский, переросла в отдел гравиметрии. С 1973 по 1988 г. отделом руководил М.У. Сагитов, работы которого по гравиметрии Луны и планет и по определению постоянной тяготения получили мировую известность.

Исключительно важную роль в научной работе ГАИШ сыграло создание наблюдательных станций: Тянь-Шаньской высокогорной станции вблизи Алма-Аты (1957) и Южной станции в Крыму (1958). В течение многих лет Южной станцией успешно руководил астрофизик, ученик Д.Я. Мартынова астрофизик Э.А. Дибай. Ныне станция носит название Крымской лаборатории имени Э.А. Дибая ГАИШ МГУ. В 1974 году в от-

деле радиоастрономии ГАИШ была образована лаборатория РАТАН–600, находящаяся при 600-метровом радиотелескопе Специальной астрофизической обсерватории (САО) АН СССР (Сев. Кавказ). В 1975 году была создана высокогорная Среднеазиатская экспедиция ГАИШ (хребет Майданак, Узбекистан), на базе которой в 1980-е гг. началось строительство обсерватории и установка на ней 1,5-метрового рефлектора и других инструментов. В 1994 году отделом гравитационных измерений ГАИШ была образована высокогорная Баксанская станция (Сев. Кавказ), располагающая 100-метровым лазерным интерферометром.

К сожалению, после 1991 года ГАИШ лишился обсерваторий в Казахстане и Узбекистане, а судьба Южной станции вплоть до 2014 года висела на волоске. Чтобы компенсировать эти потери, в 2005 году по постановлению Правительства РФ МГУ были выделены деньги на строительство новой высокогорной обсерватории в Карачаево-Черкесии, в 20 км от г. Кисловодск. Главным инструментом стал 2,5-метровый телескоп французской фирмы SAGEM-REOSC, изготовление которого завершилось в конце 2011 года. В июле этого же года, началось строительство основных зданий обсерватории, а 13 декабря 2014, после прохождения тестовых испытаний, Кавказская горная обсерватория (КГО) ГАИШ МГУ была официально открыта.



Рис. 6. Кавказская горная обсерватория (КГО) ГАИШ МГУ

Первые научные исследования, проведенные в КГО с 2,5-метровым телескопом, сразу охватили широкий класс астрономических объектов – от тел Солнечной системы до активных ядер галактик. В 2019



году на Кавказской горной обсерватории заработал в полную силу и второй исследовательский телескоп – 60-см фотометрический инструмент, управляемый дистанционно. На нем в непрерывном режиме из Москвы проводится фотометрический мониторинг переменных звезд, вспышек сверхновых, активных ядер галактик.

К числу важнейших научных задач, которые сейчас решаются в КГО, относятся следующие: звездная фотометрия объектов Галактики и ближайших галактик; поверхностная фотометрия галактик (исследование областей звездообразования, спиральной структуры, картирование в узких эмиссионных линиях и др.); наземная поддержка российских и международных космических программ (проекты РАДИОАСТРОН, Спектр-РГ, Спектр-УФ, GAIA, Nustar и др.); спектроскопия низкого разрешения для нестационарных объектов Галактики, активных ядер галактик, астероидов; инфракрасная фотометрия и спектроскопия звезд до главной последовательности, звезд на поздних стадиях эволюции, сверхновых звезд, рентгеновских двойных; измерение лучевых скоростей компонент кратных звездных систем; поиск и наблюдение экзопланет; поляриметрические исследования молодых звезд и околозвездного вещества в дисках и оболочках; спекл-интерферометрия и адаптивная оптика, поляроастрометрия и спектроастрометрия; исследования в области геодинамики и гравиметрии; прикладные исследования (ИСЗ, астероидная опасность и т.п.).

Важную роль в наблюдательной деятельности ГАИШ играет система МАСТЕР (Мобильная Астрономическая Система Телескопов-Роботов), созданная изначально для автоматической регистрации оптических транзиентов (вспышек) от гамма-всплесков. Система МАСТЕР начала формироваться в 2002 году под руководством профессора В.М. Липунова. Первые шесть лет проект развивался только при поддержке частных инвесторов. С 2008 года проект получил государственную поддержку, и сеть телескопов начала быстро расширяться. К сегодняшнему дню сеть включает в себя 8 телескопов: 5 в России (на Кавказской горной обсерватории ГАИШ МГУ, в Крыму, на Урале, под Благовещенском и под Иркутском) и 3 за ее пределами (в обсерваториях в Аргентине, ЮАР и на Канарских островах). Сегодня сеть телескопов МАСТЕР ищет не только оптические транзиенты от гамма-всплесков, но и оптические сигналы от слияния нейтронных звезд, от источников нейтрино сверхвысоких энергий и коротких радио-всплесков. В промежутках между алертами от появлений этих событий телескопы сети проводят обзор неба, в ходе которого обнаруживаются новые астероиды и кометы, открываются переменные звезды, включая новые и сверхновые.



В настоящее время Государственный астрономический институт им. П.К. Штернберга (ГАИШ) – один из ведущих научно-исследовательских институтов Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова. В состав ГАИШ входят: здание на Воробьевых Горах; Кавказская горная обсерватория (Северный Кавказ); Крымская астрономическая лаборатория им. Э.А. Дибая; Баксанская станция с установкой ОГРАН для поиска гравитационных волн (Северный Кавказ); сеть роботов-телескопов МАСТЕР; а также старинная Краснопресненская обсерватория (Москва), в которой сейчас находится Музей истории астрономии. В состав института входит 11 научных отделов и 7 лабораторий, работающих по 23 научным темам госзадания.

ГАИШ МГУ является крупнейшим центром астрономических исследований и подготовки научных кадров в России. Наряду с научной работой, ГАИШ совместно с Астрономическим отделением физического факультета МГУ ведет подготовку специалистов-астрономов широкого профиля. Современный ГАИШ является уникальным научно-образовательным центром, где эффективная научная работа сочетается с подготовкой астрономических кадров высокой квалификации. На Астрономическом отделении МГУ каждый год выпускается 15–20 специалистов-астрономов, дипломными работами которых руководят научные сотрудники ГАИШ. Спецкурсы на старших курсах тоже читают в основном сотрудники ГАИШ. В составе ГАИШ работает около 150 научных сотрудников, в том числе 42 доктора наук и более 100 кандидатов наук. Каждый год сотрудниками ГАИШ публикуется около 240 научных статей в рецензируемых журналах, десятки учебников, учебных пособий, различных монографий, каталогов, атласов и других научных изданий. Среди сотрудников института есть лауреаты международных и российских научных премий, 56 сотрудников являются членами Международного Астрономического Союза, 28 – членами Европейского астрономического общества. ГАИШ был учредителем Евразийского Астрономического общества. В 2000 году в ГАИШ МГУ был успешно проведен съезд Европейского астрономического общества, а в 2004 и 2021 гг. – Всероссийские астрономические конференции. Исследования, ведущиеся в ГАИШ, охватывают практически все направления современной астрономической науки: небесную механику, космологию, радиоастрономию, физику Солнца, изучение Луны и планет Солнечной системы, физику звезд и межзвездной среды, изучение Галактики и звездных скоплений, внегалактическую астрономию, релятивистскую астрофизику, гравитационно-волновую астрономию, изучение параметров вращения и глобального строения Земли, координатно-временное обеспечение страны и многое



другое. Объединенная научная школа ГАИШ «Физика звезд, релятивистских объектов и галактик» два года подряд – в 2018 и в 2019 годах – выигрывала конкурс ведущих научных школ МГУ. Сейчас ГАИШ вместе с другими подразделениями МГУ – факультетом космических исследований, физическим факультетом, механико-математическим факультетом, НИИ ядерной физики, НИВЦ – участвует в научно-образовательной школе МГУ «Космос». Сотрудники ГАИШ участвовали в ряде международных программ, связанных с космическими экспериментами. Камеры, созданные в ГАИШ в рамках системы МАСТЕР, стояли и работали на самом крупном спутнике МГУ, запущенном в 2016 году, – на спутнике «Ломоносов».



Рис. 7. Астрономическая обсерватория на Пресне в наши дни

В заключение важно отметить, что, наряду с научной работой и преподаванием, многие сотрудники ГАИШ активно занимаются научно-просветительской деятельностью, являются авторами большого числа научно-популярных книг и статей. Ю.Н. Ефремов, В.М. Липунов, К.А. Постнов, М.Е. Прохоров, М.В. Сажин, В.Г. Сурдин стали лауреата-



ми международных и отечественных конкурсов на лучшие научно-популярные работы. Сотрудники ГАИШ нередко принимают участие в образовательных и научно-популярных программах, передачах по ТВ, помогают освещать научные проблемы в СМИ. Широкую известность получил астрономический сайт ГАИШ «Астронет» (О.С. Бартунов, М.Е. Прохоров). В популяризации астрономических знаний активно участвует Музей истории университетской обсерватории и ГАИШ (Ю.Л. Менцин), расположенный в Главном здании Краснопресненской обсерватории. Начало этому музею в конце 1950-х годов положил известный астроном и историк науки П.Г. Куликовский. Помимо П.Г. Куликовского, существенный вклад в развитие истории астрономии внесли С.Н. Блажко, С.В. Орлов, Б.В. Кукаркин, Б.А. Воронцов-Вельяминов, Д.Я. Мартынов, Ф.А. Цицин, П.В. Щеглов и другие ученые ГАИШ. На протяжении многих лет студентам Астрономического отделения читают семестровый спецкурс «История и методология астрономии» (А.И. Еремеева).

*Менцин Ю. Л., к.ф.-м.н.,
зав. Музеем истории университетской обсерватории и ГАИШ;
Сильченко О. К.,
д.ф.-м.н., зам. Директора ГАИШ по научной работе.*

ФИЗИКИ МГУ НАУЧИЛИСЬ УПРАВЛЯТЬ РАЗМЕРАМИ МИКРОГЕЛЕЙ С ПОМОЩЬЮ СВЕТА

Сотрудники кафедры физики полимеров и кристаллов совместно с коллегами из Германии разработали метод управления состоянием микрогелей, который позволяет обратимо изменять их размер. Ученые предложили влиять на микрогели с помощью света: так под воздействием определённого излучения они смогут увеличиваться или уменьшаться в объеме в несколько раз. Это поможет в создании адаптивных датчиков или носителей для доставки лекарств внутри организма.

Создание управляемых полимерных структур – важная научная задача. Например, если научиться влиять на их размер, можно использовать микрогели как маленькие контейнеры для загрузки веществ. Сами микрогели состоят из сшитых полимерных цепочек – это похоже на трехмерную сетку из гибких нитей. Микрогели обладают свойством



удерживать растворитель, а изменение размеров приводит к поглощению или высвобождению содержимого.

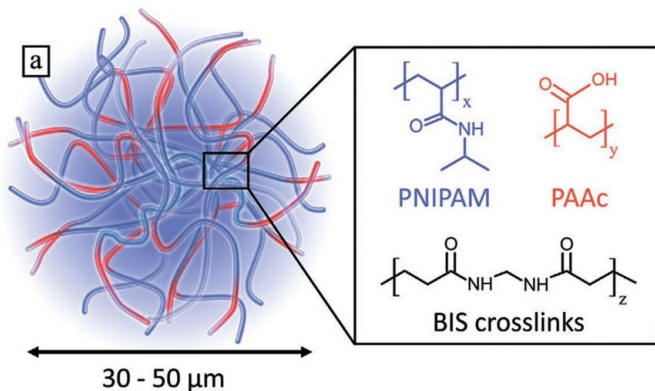


Схема и химическая структура микрогеля

Уже известно, что влиять на температуру, при которой происходит набухание и сжатие микрогелей, можно с помощью изменения химического состава самого полимера или окружающей его среды. В таком случае сложно добиться обратимых изменений: то есть если микрогель увеличивается в размерах, то вернуть его в первоначальное состояние непросто. Однако если наполнить микрогель светочувствительным веществом, то обратимое изменение размера может быть вызвано облучением светом определенной длины волны – именно этот феномен исследовали учёные в данной работе.

«Для того, чтобы микрогели реагировали на свет, их наполняют светочувствительным поверхностно-активным веществом (ПАВ). Когда на это вещество попадает определённое излучение (например, УФ-лучи), начинается процесс изомеризации, то есть изменение пространственного расположения атомов в молекуле. Это приводит к изменению характера взаимодействия молекул между собой и со звеньями микрогеля. В результате микрогель приобретает новые свойства и может изменить свой размер», – рассказала руководитель научной группы профессор физического факультета Елена Юльевна Крамаренко.

Ученые смогли обратимо изменить линейный размер микрогелей в несколько раз – это означает, что объем может изменяться на порядок! С помощью разработанной теории удалось выявить основные физические



факторы, определяющие такой значительный эффект, и создать основы для направленного дизайна широкого круга светочувствительных систем. В дальнейшем планируется изучить кинетику процесса перераспределения ионов разной природы в системе и его влияние на временные характеристики отклика микрогелей на свет.

*Сотрудники лаборатории
физики новых ин-
теллектуальных поли-
мерных материалов.
Руководитель группы:
Елена Юльевна
Крамаренко*



*Руководитель научной группы Елена Юльевна Крамаренко,
kram@polly.phys.msu.ru. Кафедра физики полимеров и кристаллов*

Пресс-служба физического факультета МГУ

https://phys.msu.ru/rus/news/archive_news/28663/

КВАНТОВЫЕ ВЫЧИСЛЕНИЯ НА ПРАКТИКЕ: КОНКУРС ОТ РКЦ И РОСАТОМА

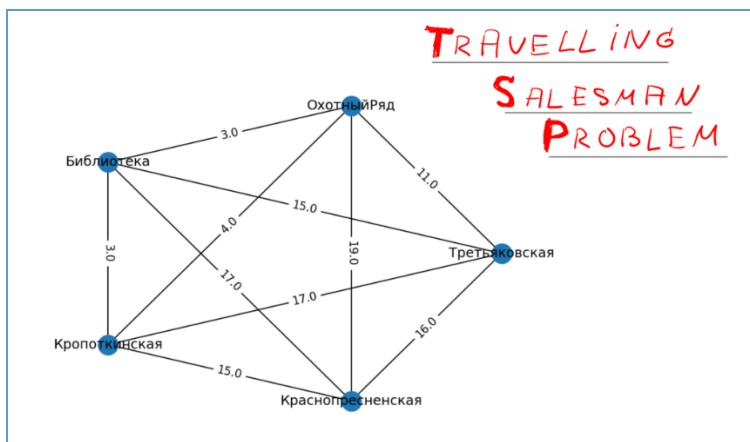
Заметка посвящена описанию прошедшего 23–24 октября в России первого открытого конкурса по применению вычислений на квантовых компьютерах для решения практических задач. Дано краткое описание принципов работы квантовых компьютеров и решения с их помощью проблем комбинаторной оптимизации. Приведено задание, представленное на конкурсе, а также решение, выполненное командой GRAPHOMETRICA, в которой участвовал магистр



кафедры физики твердого тела Синченко Семён, занявшее 2-е место. Конкурс проводился в рамках президентской программы «Россия - страна возможностей» при поддержке госкорпорации «Росатом» и Российского квантового центра (РКЦ) на федеральной платформе «Цифровой прорыв» – 2021(<https://leadersofdigital.ru>)

О постановке задачи

В рамках конкурса было предложено решение одной из *NP-трудных* задач комбинаторной оптимизации. К этому классу относятся задачи, для которых не существует эффективных алгоритмов, а решение возможно только лишь перебором вариантов. Сложность перебора растет экспоненциально с ростом размерности задачи и численное решение на классическом компьютере очень быстро становится невозможным. Непосредственно сами задания предоставил «Росатом» совместно с Российским квантовым центром, а участникам конкурса в течении 48 часов предлагалось по выбору решить одну из них. Выполнение первого задания заключалось в решении на квантовом компьютере задачи об оптимальном маршруте: *были даны пять станций метро, на которых расположены достопримечательности города, и надо было найти кратчайший маршрут, чтобы объехать их все и вернуться в точку отправления* (слайд 1).



Слайд 1. Схема станций метро с достопримечательностями и время в пути

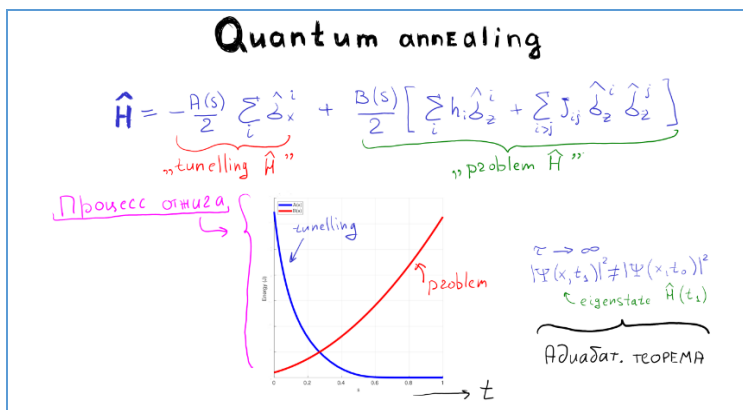


Может показаться, что такую задачу можно решить без компьютера вообще, но на самом деле сложность этой задачи растет как факториал от числа точек маршрута. Поэтому если для 5-и станций компьютер и правда не нужен, то для 30-и станций это уже почти невозможно – ведь надо будет перебрать порядка 265 тысяч миллиардов миллиардов миллиардов (2.65×10^{15}) возможных путей объезда станций. Это известная «задача коммивояжера» (Travelling salesman problem), и она относится к классу описанных ранее *NP-трудных* задачам оптимизации, которые невозможно эффективно решить на обычном компьютере.

В рамках второго задания участникам предлагалось построить полноценный сервис, в который был бы интегрирован квантовый компьютер. Сервис подразумевал наличие пользовательского сайта или приложения определенной тематики, а также вычислительной части, которая бы решала поставленную пользователем задачу.

О квантовых аннилерах

Квантовые аннилеры (от англ. anneal - отжигать) - это специальная разновидность квантовых компьютеров, созданная как раз для решения *NP-трудных* оптимизационных задач. Принцип работы квантовых аннилеров основывается на широко известной теореме квантовой механики – *адиабатической теореме*, которая впервые была сформулирована М. Борном и В. Фоком ещё в 1928 г. Данная теорема говорит нам о том, что *физическая система остаётся в своём мгновенном собственном состоянии, если возмущение (например, внешнее поле) действует достаточно медленно*. Другими словами, если система в начале была в собственном состоянии гамильтониана, она окажется в соответствующем собственном состоянии конечного гамильтониана. Квантово-механическая система, которая находится внутри квантового аннилера представляет собой систему кубитов, каждый из которых является двухуровневой системой. Система аннилера описывается гамильтонианом из двух частей. Первая часть - это так называемый «начальный» гамильтониан, который соответствует системе, для которой собственное состояние очень легко получить из-за особенностей энергетических конфигураций. Обычно это так называемый tunneling hamiltonian, собственное состояние которого представляет суперпозицию всех кубитов. Вторая часть - это как раз «модельный» гамильтониан, к которому сведена исходная комбинаторная задача. Обе части входят с коэффициентами, которые меняются в процессе *отжига*. Ниже на слайде приведен график, на котором синим цветом изображена динамика коэффициента начального гамильтониана, а красным — модельного (слайд 2).



Слайд 2. Иллюстрация квантового отжига.

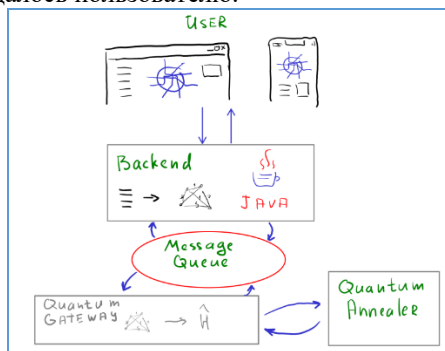
Источник - сайт компании D-Wave[1].

Поэтому работа квантового аннилера состоит из двух важных этапов. На первом этапе ищется такая физическая система у которой собственное основное состояние с минимальной энергией соответствовало бы решению комбинаторной задачи. На первый взгляд, такой поиск может показаться нереалистичным, но по факту он оказывается возможным. Так, например, мы точно знаем, что, во-первых, решение комбинаторной *NP*-полной задачи оптимизации о максимальном разрезе в графе эквивалентно решению математической модели статистической физики, называемой ещё моделью Изинга [2]. Во-вторых, любая -полная задача может быть сведена к другой *NP*-полной задаче за полиномиальное (то есть приемлемое) время [3]. Это в теории, а на практике реализация (причем в программном коде) перехода от задачи оптимизации маршрута в метро к физической системе и заключалась первая конкурсная задача.

На втором этапе квантовый аннилер «инициализируется» другой, более простой физической системой в основном состоянии. После этого мы начинаем медленно менять управляющие параметры так, чтобы постепенно перевести нашу систему в ту, которая соответствует нашей оптимизационной задаче. Таким образом, в силу упомянутой выше *адиабатической теоремы*, мы придем именно в основное состояние, измерив которое получим необходимое нам решение. Такой процесс и называется *квантовым отжигом* или *анниленгом* по аналогии с отжигом глиняного кувшина - мы начинаем с мягкой формы, которая постепенно затвердевает в нужном нам виде.

Решение команды GRAPHOMETRICA

Магистр кафедры физики твердого тела С.А. Синченко принимал участие в конкурсе в составе команды GRAPHOMETRICA, занявшей по итогам конкурса 2-е место среди 24 команд. Решив первую задачу об оптимальном маршруте в метро, они приступили к реализации второй, не менее сложной и интересной задачи. Для начала была выбрана тематика будущего сервиса. Это был концепт полноценного туристического навигатора, «под капотом» у которого был бы квантовый аннилер. За 48 часов команде удалось создать полноценный сайт (технологии - JavaScript, TypeScript, React), в который была интегрирована карта метро (слайд 3). Нажав на любую станцию, пользователь мог видеть фотографии достопримечательностей, расположенных вокруг этой станции. Фотографии брались из открытых источников. Пользователь мог выбрать те места, которые хотел посетить, после чего нажимал кнопку «рассчитать маршрут». Backend для этого сайта (технологии - Java, SpringBoot, JGraphT, PostgreSQL, Docker) отвечал за конвертацию станций метро в оптимизационную задачу коммивояжера и передачу этой задачи в очередь задач (очередь на базе Apache Active MQ). Асинхронное взаимодействие с квантовым компьютером через очередь задач - это важный аспект решения, поскольку в силу своей природы квантовый компьютер может выполнять одновременно лишь одну операцию, то есть принципиально он однопоточный. Поэтому задачи от пользователей складывались в очередь и последовательно выполнялись. Взаимодействие с квантовым компьютером было выполнено как отдельный сервис (Python, NumPy, Docker), который по получению ответа конвертировал его из последовательности спинов, характеризующих конфигурацию основного состояния квантовомеханической системы в цикл на графе и отправлял обратно в очередь сообщений. Далее Backend обрабатывал полученное сообщение, после чего оно возвращалось пользователю.



Слайд 3. Архитектура решения



Команде удалось все это отладить и интегрировать, развернув в облачном сервисе Microsoft Azure. Весь сервис был построен исключительно с использованием приложений и технологий на базе открытого исходного кода. Никакие коммерческие программы (кроме аренды облачных мощностей) не использовались. Программный код всех частей решения команды выложен в открытом доступе на GitHub по QR-коду ниже. За второе место команда получила денежный приз и именные сертификаты.

Бажанов Д.И., кафедра физики твердого тела



[1] *Johnson, M., Amin, M., Gildert, S. et al.*, “Quantum annealing with manufactured spins.” // *Nature* 473, 194–198 (2011); https://docs.dwavesys.com/docs/latest/doc_getting_started.html

[2] *A. Lucas*, “Ising formulations of many NP problems.” // *Frontiers in Physics* 2, 5 (2014).

[3] *Leeuwen, Jan van.* “Handbook Of Theoretical Computer Science Volume B Formal Models And Semantics.” (1990).

Примечание Главного редактора:



Синченко Семён – магистр кафедры физики твердого тела, занимается вычислительной квантовой физикой под руководством старшего преподавателя кафедры Бажанова Д.И. Его будущая дипломная работа посвящена использованию искусственных нейронных сетей для моделирования критических переходов в квантовых цепочках атомных спинов.



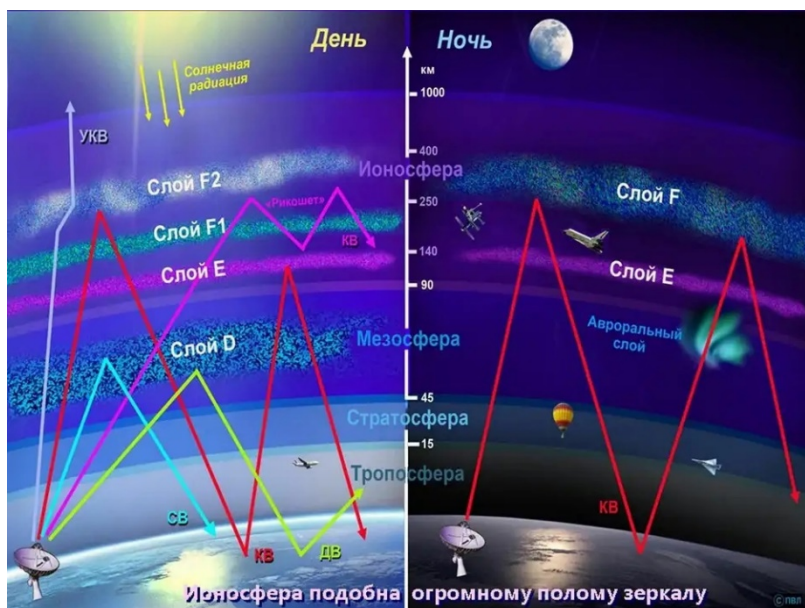
РОЛЬ КОСМИЧЕСКОЙ НАУКИ В СТРАТЕГИЧЕСКОМ РАЗВИТИИ СТРАНЫ

Хорошо известно, что Россия в своих конституционных границах занимает первое место в мире по территории. Помимо этого Россия – страна с развитой космической отраслью, содержащей в себе программы исследования космоса для целей гражданского назначения, военного назначения и фундаментальных научных исследований, что неизменно связано с экономическими интересами страны. Особенно это справедливо, когда все вышеуказанные назначения применяются совместно при освоении новых или удаленных территорий Сибири, Арктики, Дальнего Востока с неразвитой в силу целого ряда причин инфраструктурой (например, в Арктике, где связь пропадает на 80-й параллели северной широты, а устойчивая связь — на 72-й параллели). В связи с этим в феврале этого года «Роскосмос» вывел на орбиту первый аппарат арктической спутниковой группировки «Арктика-М» [1], что в перспективе поможет развить ряд направлений в фундаментальной науке, а также в прикладной области. Пока стабильная группировка «Арктика» на орбите находится в стадии развертывания, в высоких широтах по-прежнему преимущество имеют отечественные высокоорбитальная группировка спутников ГЛОНАСС. Вместе с тем не стоит забывать о спутниках американской навигационной системы GPS, которые имеют преимущество на средних широтах, а также развернутой китайской спутниковой системы навигации Běidǒu, навигационного проекта Европейского космического агентства Galileo. Для гражданских потребителей функционирующие навигационные системы утвердились в использовании и являются неотъемлемой современной частью социальной инфраструктуры, поэтому требования к их оперативности и надежности возрастают со стороны пользователей. Кроме того, все ГНСС разработаны для военных целей, поскольку в современном мире постоянно возникают угрозы межгосударственной безопасности, что исключает монополию на управление спутниковой системой со стороны какой-либо из стран, обладающей развернутой навигационно-связной системой искусственных спутников Земли в околоземном космическом пространстве. Итак, все системы являются системами двойного назначения, т.е. передают два вида сигналов: для гражданских целей и повышенной точности — для военных потребителей. Поэтому в совокупности развитие ГНСС требует научного подхода и государственного планирования.

В области физики верхней атмосферы и радиофизики важную и актуальную задачу, имеющую научное и практическое значение, представ-



ляют влияния неоднородностей ионосферы на распространение радиоволн от спутника до приемника, генерации структурных ионосферных аномалий. Ионосфера — составная часть атмосферы Земли, эта область сама является показателем дифференциальных динамических процессов в системе геосфер [2].



Строение ионосферы. Публичные источники

Гипотезу о существовании проводящего слоя в верхней атмосфере высказывали К. Гаусс в 1839 году, У. Томсон в 1860 году и Б. Стюарт в 1878 году в связи с исследованием магнитного поля Земли и атмосферного электричества [3]. Следом за этим уже в 1902 году, независимо друг от друга, в двух разных странах, Хевисайд в Англии и Кеннели в США продемонстрировали, что для распространения волн радиодиапазона на дальние расстояния необходимо предположить существование области с большой степенью проводимости в высоких слоях земной атмосферы [4].

Затем в 1923 году Михаил Васильевич Шулейкин (1884–1939) рассмотрел особенности распространения радиосигналов различных частот.



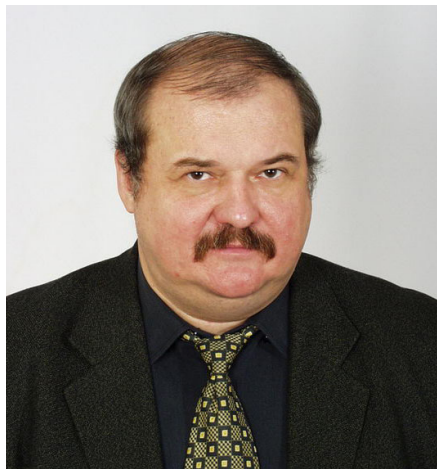
Он пришел к выводу, который заключал в себе передовой взгляд о наличии в ионосфере как минимум двух отражающих слоев. Два уровня максимумов электронной концентрации: один на высоте порядка ста километров, а другой на высоте двести километров. Анализируя результаты измерений напряженности поля дальних радиостанций в различных пунктах земной поверхности, он пришел также к выводу о существовании в ионосфере неоднородностей, имеющих слоистую форму облаков [5]. Радиофизические исследования верхней атмосферы Земли имеют почти вековую историю и внесли большой вклад в решение проблем распро-



странения радиоволн, в наши знания об ионосфере. Развитие этого нового пути в области физики осуществилось буквально на стыке радиофизики и физики космической плазмы, и это в большой степени способствовало достижению значительных успехов в этой области [6]. На основе эффектов взаимодействия радиоволн со средой разработаны и продолжают развиваться методы дистанционной диагностики ионосферы и атмосферы. Развиваются методы радиотомографии (РТ) [7]. Проводились исследования с использованием низкоорбитальной радиотомографии, которая позволяет получать двумерные сечения ионосферы. В связи с развитием глобальных навигационных систем, появились методы высокоорбитальной радиотомографии, позволяющие получать четырехмерные (пространственно - временные) распределения электронной концентрации. Физический факультет Московского университета на переднем крае науки успешно ведет работы в области радиотомографии ионосферы. Впервые в мире были получены изображения локализованных неоднородностей ионосферы (на основе дифракционной РТ), реконструированы радиотомографические сечения глобальной структуры ионосферы (лучевая РТ), получены пространственные распределения флуктуаций электронной плотности (статистическая РТ). С использованием методов радиотомографии ионосферы были исследованы разнообразные ионосфер-



ные возмущения естественной природы и эффекты, стимулированные искусственными воздействиями.



За разработку метода спутниковой радиотомографии ионосферы заведующий отделением геофизики и кафедрой физики атмосферы физического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова профессор Куницын Вячеслав Евгеньевич (1955–2015) был удостоен Государственной премии Российской Федерации в области науки и техники в составе авторского коллектива с участием сотрудников МГУ, ИЗМИРАН и ПГИ.

В последние годы при активном участии профессора В.Е.

Куницына совместно с Полярным геофизическим институтом РАН была развернута первая российская трансконтинентальная радиотомографическая цепочка станций, расположенных приблизительно вдоль одного геомагнитного меридиана от архипелага Шпицберген до юга России. Это единственная в мире томографическая система, имеющая протяженность около 4000 км. По измерениям на этой цепочке были получены уникальные РТ-реконструкции, отображающие широкий спектр ионосферных явлений в секторе от низких широт до полярной шапки. Работы по созданию таких систем под руководством профессора Куницына В.Е. проводились в рамках Федеральной целевой программы геофизического мониторинга территории России.

Исключительное и наиважнейшее для практики свойство ионосферы — отражать радиоволны. Другими словами, ионосфера играет роль природного зеркала Земли. Благодаря этому можно создавать линии радиосвязи на очень большие расстояния, что побудило исследователей многих стран начать интенсивные экспериментальные и теоретические исследования структуры ионосферы, а также процессов, происходящих в ней, с использованием при этом радиоволн. С большой уверенностью можно сказать, что все распространение электромагнитных волн, радиоволн, по сути дела, вся наша цивилизация держится на распространении волн в ионосфере. Поэтому чрезвычайно важно знать ее свойства. Возмущения ионосферы проявляются в вариациях параметров среды: электронной концентрации, температуры ионов и электронов, полного элек-



тронного содержания, а также атмосферных полей температуры, давления, влажности, относительно средних значений, характерных для данного места, времени, высоты, солнечной и геомагнитной активности [8]. Индикатором неоднородной структуры ионосферы и атмосферы можно считать индекс рефракции (приведенный коэффициент преломления) радиоволн [9]. Преломление радиоволн и их скорость различны при распространении в ионизированной среде. Рефракция в радионаблюдениях сводится не только к изменению направления на источник, но и к изменению длины пути луча или, по-другому, к набегу фазы.

Расстояние между космическим аппаратом и приемным пунктом измеряют с помощью модулированных сигналов путем определения времени распространения радиоволн Δt [10]. Но ионосфера Земли вносит заметную погрешность при определении дальности. Этот эффект связан с тем, что скорость распространения радиоволн в ионосфере отличается от значения скорости света и лучевые линии искривлены. Поэтому истинное расстояние между передающим и приемными пунктами будет отличаться от измеренного на величину задержки ΔL . Дополнительный набег фазы в пунктах наблюдения зависит от состояния ионосферы, которое определяется как временем года и суток, так и локальными условиями.

Таким образом, при исследовании области ионосферы, имеет место решение обратной задачи: изучение свойств радиосигналов вследствие влияния на них проводящей среды. Чем точнее и обширнее знания о среде распространения радиоволн, тем надежнее будет их применение в различных целях, что в перспективе, разумеется, улучшит качество глобальной навигационной спутниковой системы. Поскольку не только создание, но и эксплуатация ГНСС — очень сложный и дорогостоящий процесс, который может принадлежать, да и под силу только государству страны-разработчика, потому что обладает стратегической направленностью. В рамках стратегического развития отечественной глобальной навигационной спутниковой системы целесообразно государственное планирование. Что получило свое отображение в «институте майских Указов» Главы государства, как одна из важнейших национальных целей развития. Институт «майского Указа», став основополагающим шагом в системы целевого (по Аристотелю «телеологического») государственного планирования, устанавливает в системе государственного управления большие цели и длинные горизонты стратегического планирования. Фактически внедряет на верхнем уровне управление по целям. При этом в Послании Главы государства Федеральному Собранию 2018 года сформулировано основание этих больших целей: в сущности сформулирована идея развития России — быть государством с гарантированным суверенитетом, одним из мировых лидеров экономического, технологического, социального развития [11]. В сформированные цели укладывается научный подход



к развитию отечественной глобальной навигационной системы, которая дает преимущество в вопросах суверенитета, технологического, социального развития стране, обладающей собственной технологией спутникового позиционирования. Обращаясь к лучшему отечественному опыту и современным практикам, возможны следующие ключевые решения по научному и технологическому развитию ракетно-космической отрасли, включая ее комплексное развитие и увеличение мультипликативного эффекта для экономики в целом: повышение связанности территории России за счет надежности, оперативности, доступности, постоянного увеличения преимуществ использования ГЛОНАСС, создания интеллектуальных транспортных и телекоммуникационных систем, освоении и использовании космического и воздушного пространства, Мирового океана, Арктики и Антарктики [12].

Система современного управления приоритетными технологическими проектами должна обеспечивать высокую концентрацию необходимых ресурсов и «бесшовное» взаимодействие в одной организационной структуре фундаментальной, прикладной науки, опытно-конструкторских, проектных, строительных организаций, административных звеньев, конкретных предприятий [13, 12]. В этой связи целесообразно формирование по приоритетам развития адекватного организационно-финансового механизма практической работы в форме публично-правовых компаний. Такие компании должны выполнять роль единого компетентного ответственного центра управления по соответствующим направлениям технологического развития [12, 14, 15]

Вместо заключения

С середины двадцатых годов XX столетия и до настоящего времени ведется систематическое изучение природного образования, непостижимо красивого, полезного и в той же степени необычайно загадочного и необходимого, получившего название ионосферы, выполняющего основную часть в развитии и протекании ряда геофизических процессов в области ближнего космоса [6]. Поэтому, безусловно, исследования характеристик ионизированной среды и условий распространения радиосигналов ГНСС в ней является важной долгосрочной целью в масштабах стратегического экономического развития страны.

Понятие «энтропия» — степень неорганизованности системы, которая означает меру бесполезного рассеивания энергии — справедливо применяется в экономике. Целенаправленная организация структуры экономической системы ведет к уменьшению энтропии и экономическому росту. И, наоборот, отказ от целенаправленной организации структуры экономической системы — хаотизация экономики — ведет к увеличению энтропии и падению экономического роста, обесцениванию интеллектуального труда. Об этом со всей убедительностью свидетельствует



история отечественной экономики [12]. Предыдущие поколения наших соотечественников оставили нам в наследство уникальный опыт подлинно исторической и высокопрофессиональной организации экономической системы, результативно взаимодействующей со всеми направлениями, показавшей в XX веке выдающийся — рекордный для мира результат развития. Экономики увеличивающей, развивающей и раскрывающей человеческий, научный потенциал страны. Экономики больших целей и масштабных проектов, качественного государственного планирования и больших предпринимательских возможностей, самых передовых технологий и высокой эффективности, качественного удовлетворения их социально позитивных и полезных потребностей [12].

Для развития глобальных целей, включающих в себя как необходимую составную часть развитие фундаментальных научных задач с применением возможностей ГНСС, у России есть все необходимое.

Литература:

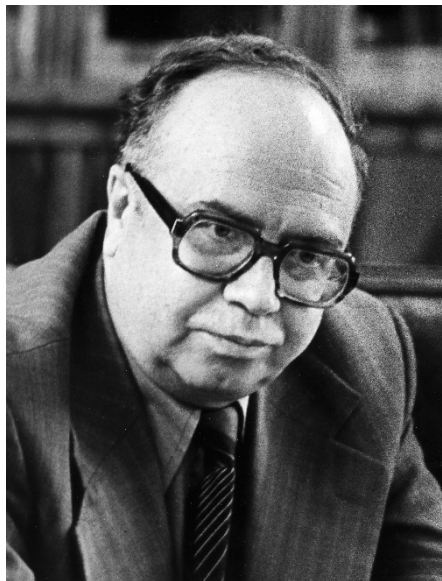
1. Роскосмос [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.roscosmos.ru/28966/> свободный – (10.08.2021).
2. Гершман Б. Н., Ерухимов А. М., Яшин Ю. Я. Волновые явления в ионосфере и космической плазме. М.: Наука, 1984. 392 с.
3. Госсард Э. Э., Хук У. Х. Волны в атмосфере. М.: Мир, 1978. 532 с.
4. Дымович Н. Д. Ионосфера и ее исследования. Москва-Ленинград: Энергия, Серия. Массовая радиобиблиотека. Выпуск 513. 1964. 41 с.
5. Шулейкин М. В. Курс радиотехники. Ч. 1. Распространение электромагнитной энергии. М.: Первое русское радиобюро. 1923. 212 с.
6. Бонч-Бруевич М. А. Измерения слоя Хевисайда в полярном районе // Научно-технический сборник ЛЕИС. 1934. Вып. 3. Вып. 4. Вып. 5.
7. Альперт Я. Л. Распространение электромагнитных волн и ионосфера. М.: Наука, 1972.
8. Брюнелли Б. Е., Намгаладзе А. А. Физика ионосферы. М.: Наука, 1988. 528 с.
9. Татарский В. И. Теория флуктуационных явлений при распространении радиоволн в турбулентной атмосфере. М.: изд-во АН СССР, 1959. 230 с.
10. Hofmann-Wellenhof B., Lichtenegger H., Collins J. GPS Theory and practice. Wien; New York: Springer-Verlag. 1997. 389 p.
11. Послание Президента РФ Федеральному Собранию. 1 марта 2018 года.
12. Галушка А.С., Ниязметов А.К., Окулов М.О. Кристалл роста к русскому экономическому чуду. М. 2021. 360 с.



13. Парфаньяк П. А. Картели, концерны и тресты: очерки концентрационного движения в промышленности. Москва.: [Кооп. изд-во]. 1923. 136 с.
14. Кантарович В. Я. Плановое начало в промышленности. –М.: Центр. Упр. Печати ВСНХ СССР. 1925. 108 с.
15. Атлас М. С. Кредитная реформа в СССР. М.: Госфиниздат. 1952. Ред. Дьяченко В. П. 228 с.

Титова М. А., младший научный сотрудник ФГУБ науки ИЗМИРАН имени Н. В. Пушкова, выпускница физического факультета МГУ 2012 г.

К 100-ЛЕТИЮ СО ДНЯ РОЖДЕНИЯ ИГОРЯ МИХАЙЛОВИЧА ТЕРНОВА (11.11.1921 — 12.04.1996)



И. М. Тернов (1980)

11 ноября этого года исполнилось 100 лет со дня рождения Игоря Михайловича Тернова — выдающегося российского физика-теоретика, Заслуженного профессора Московского университета, лауреата Государственной премии СССР, премии Совета министров СССР и премии имени М. В. Ломоносова I степени (МГУ), автора фундаментального научного открытия «Эффект радиационной самополяризации электронов и позитронов в магнитном поле», Заслуженного деятеля науки РСФСР, действительного члена Международной академии наук высшей школы.

Игорь Михайлович родился 11 ноября 1921 г. в Москве в семье служащих. Его отец, Михаил Иванович Тернов, член ВКП(б) с 1902 г., участник революции 1905 г., работал в Министерстве культуры. Мать, Зинаида Васильевна Тернова, работала референтом в Президиуме Верховного Совета РСФСР.



В 1940 г. Игорь Тернов окончил московскую среднюю школу № 170 и одновременно музыкальную школу по классу фортепиано.

В ноябре 1940 г. он был призван в Красную Армию. Участник Великой Отечественной войны, связист с июня 1941 г. по 1945 г., Тернов закончил войну в звании гвардии старшины, был награжден медалями «За отвагу» (1941), «За оборону Кавказа» (1944), «За победу над Германией», а также орденом Отечественной войны II степени (1985).



*И. М. Тернов
(1942, 1943)*



И. М. Тернов (после Победы, июнь 1945 г., Крым)



В 1945–46 гг. И. М. Тернов учился на подготовительных курсах при МГУ, в 1946 г. поступил на физический факультет МГУ и окончил его в 1951 г. Особенно запомнились ему лекции А. Б. Млодзеевского по общей физике, А. А. Власова по электродинамике, А. А. Соколова по квантовой механике, семинарские занятия по математике, которые вел Б. М. Будак.



Студент И. М. Тернов и его сокурсники (1946)

В 1951–54 гг. И. М. Тернов учился в аспирантуре физического факультета. В 1954 г. после окончания аспирантуры он стал сотрудником кафедры теоретической физики физического факультета МГУ и с этого времени непрерывно работал на физическом факультете: ассистент (1954–58), доцент (1958–1962), профессор (с 1962 г.). Он заведовал отделением экспериментальной и теоретической физики, кафедрой квантовой теории, а затем (1982–1990) кафедрой теоретической физики, в 1969–1983 гг. был проректором по учебной и научной работе, затем первым проректором Московского университета.

В 1954 г. И. М. Тернов защитил кандидатскую диссертацию «К развитию теории движения быстрых элементарных частиц с учетом эффектов излучения» под руководством проф. А. А. Соколова, а в 1961 г. — докторскую диссертацию «Исследования по квантовой теории светящегося электрона».

Научные достижения проф. И. М. Тернова отмечены премией Московского общества испытателей природы II степени (1969), премией имени М. В. Ломоносова I степени (МГУ, 1971), Государственной премией СССР (1976), премией Совета Министров СССР (1982). Он награжден орденом Трудового Красного Знамени (1971), орденом «Знак Почета» (1976), Орденом Октябрьской революции (1980), серебряной (1975), бронзовой (1980) и золотой (1982) медалями ВДНХ. Ему присвоены почетные звания «Заслуженный деятель науки РСФСР» (1982) и «Заслуженный профессор Московского университета» (1993). И. М. Тернов был действительным членом Международной академии наук высшей школы (с 1993 г.), членом Российского (с 1990 г.) и Американского (с 1991 г.) физических обществ, избранным членом Административного совета Международной ассоциации университетов (1971–75, 1980–85). Входил в редколлегию журнала «Известия вузов СССР. Физика», в течение 20 лет был членом Экспертного совета по физике ВАК СССР.

Научные труды И. М. Тернова получили широкую известность в России и за рубежом. Он создал новое научное направление — теорию квантовых процессов в сильных полях, основанную на развитом им методе точных решений релятивистских волновых уравнений.



А. А. Соколов и И. М. Тернов (1970-е гг.)

Он — один из создателей квантовой теории синхротронного излучения — уникального физического явления, широко используемого в физическом эксперименте и других областях науки и техники. И. М. Тернов совместно с А. А. Соколовым предсказал два фундаментальных квантовых эффекта: эффект макроскопических квантовых флуктуаций орбиты электрона в циклических ускорителях (1953) и эффект радиационной поляризации



электронов и позитронов в накопителях (1963; в 1961 г. впервые указал на возможность этого эффекта, который в мировой научной литературе постоянно цитируется как эффект Соколова – Тернова (интересный пример — название опубликованной в 2020 г. статьи: Synchrotron-Like Radiation Beyond The Standard Model I: Hunting for new physics with the Sokolov–Ternov effect); официально зарегистрирован как научное открытие № 131 «Эффект самополяризации электронов и позитронов в магнитном поле» 7 августа 1973 г. с приоритетом от 26 июня 1963 г.).

Эти эффекты были экспериментально обнаружены и исследованы в крупнейших мировых научных центрах, используются при проектировании ускорителей и накопителей и для получения поляризованных пучков электронов и позитронов высоких энергий. И. М. Тернов с сотрудниками открыл (1968) динамическую природу аномального магнитного момента электрона — его зависимость от напряженности внешнего магнитного поля и энергии частицы. Исследовал процессы бета-распада в сильном внешнем электромагнитном поле, поведение квантовых систем в сверхсильном магнитном поле нейтронных звезд. В последние годы жизни он развивал теорию спиновых эффектов в сильном внешнем поле, установил границы применимости известного квазиклассического уравнения Баргмана – Мишеля – Телегди для эволюции спина; исследовал процессы рождения суперсимметричных частиц во внешних полях и их роль в астрофизике.



Р. В. Хохлов и И. М. Тернов (1970-е гг.)

И. М. Тернов читал общие курсы лекций «Теоретическая механика», «Квантовая механика», специальные курсы по теории ускорителей и квантовой электродинамике; создал уникальный учебный курс по теории синхротронного излучения, не имеющий зарубежных аналогов.



Н. Н. Боголюбов и И. М. Тернов (1981)

Игорь Михайлович был замечательным лектором: аккуратным, внимательным к слушателям, доступным. Его лекции отличались изяществом и простотой. Как член Всесоюзного общества «Знание» он читал также научно-популярные лекции по физике. Им написаны (в соавторстве) монографии по теории синхротронного излучения, учебные пособия по квантовой механике, атомной физике, квантовой электродинамике, теории калибровочных полей. Ряд из них был переведен на английский, немецкий, испанский, арабский и сербскохорватский языки.

Проф. И. М. Тернов — автор более 300 научных работ, включающих 6 монографий, изданных в России и за рубежом, а также 11 учебных пособий, в том числе:

A. A. Sokolov and I. M. Ternov. Synchrotron Radiation. — Berlin: Akademie-Verlag; New York: Pergamon Press, 1968.

A. A. Соколов, И. М. Тернов. Релятивистский электрон. — М.: Наука, 1974 (2-е изд. — 1983). [Перев. на англ. яз. 2-го изд.: A. A. Sokolov and I. M. Ternov. Radiation from Relativistic Electrons. — New York: AIP, 1986.]

A. A. Соколов, И. М. Тернов, В. Ч. Жуковский. Квантовая механика. — М.: Наука, 1979.

И. М. Тернов, В. В. Михайлин. Синхротронное излучение. Теория и эксперимент. — М.: Энергоатомиздат, 1986.

И. М. Тернов. Введение в физику спина релятивистских частиц. — М.: Изд-во Моск. ун-та, 1997.



И. М. Тернов создал большую научную школу, включающую около 30 кандидатов и докторов наук. Шесть его учеников — профессора, возглавляющие самостоятельные научные коллективы.

Профессор А. В. Борисов

ЛЕВ АЛЕКСАНДРОВИЧ БЛЮМЕНФЕЛЬД

(К 100-летию со дня рождения)

*Я прожил жизнь. Не мне судить
Как прожил – хорошо иль плохо,
Но не смогла совсем убить
Меня во мне моя эпоха.*

Л.А. Блюменфельд



Лев Александрович Блюменфельд родился 23 ноября 1921 года в г. Москве. В 1939 году он поступил на химический факультет МГУ. Осенью 1941 года студент 3 курса Л.А. Блюменфельд добровольно отправился на фронт, где прошел путь от рядового связиста до командира взвода разведчиков полка самоходных артиллерийских установок. Боевой путь Л.А. Блюменфельда пролегал по дорогам России, Украины, Молдавии, Румынии, Венгрии, Болгарии, Австрии, Югославии.

Он участвовал в боях под Москвой в декабре 1941 года — январе 1942 года, воевал под Харьковом, Полтавой и Одессой,



участвовал в Ясско-Кишиневской операции, в тяжелейших боях у озера Балатон. Два раза был тяжело ранен. За боевые заслуги Л.А. Блюменфельд был награжден тремя орденами и восемью медалями.

В ноябре 1945 года Л.А. Блюменфельд вернулся в Москву и продолжил учебу на химическом факультете МГУ. В 1946 г. он экстерном окончил химический факультет. Л.А. Блюменфельд — ученик академика Я.К. Сыркина и профессора М.Е. Дяткиной. В формировании его научного мировоззрения значительную роль сыграл академик И.Е. Тамм. Активную научную деятельность Лев Александрович начал еще в 1944 году, когда после первого ранения оказался в госпитале в румынском городе Тульче. Там он занялся кванто-химическими расчетами двухатомных молекул галогенового ряда — HF , HCl , HBr , HI . После выздоровления Л.А. Блюменфельд вернулся на фронт. Свою научную работу он продолжил в других госпиталях, в которых он оказался после второго ранения в марте 1945 года во время наступления Советской армии на Австрию. Результаты расчетов, выполненных Л.А. Блюменфельдом в перерывах между боями в 1944–45 гг., легли в основу его дипломной работы, посвященной квантово-химическим расчетам двухатомных молекул галогенового ряда.

В 1948 г. Л.А. Блюменфельд защитил кандидатскую диссертацию на тему «Электронные уровни и спектры поглощения углеводородов с сопряженными двойными связями». Поворотным моментом в научной судьбе Л.А. Блюменфельда, который привел его к занятиям биофизикой, был его вынужденный уход из физико-химического института им. Карпова. Одной из причин этого послужило смелое выступление Л.А. Блюменфельда в защиту теории резонанса в химии, объявленной в то время враждебной “идеалистической” теорией. После перехода на работу в Центральный институт усовершенствования врачей он занялся изучением физико-химических свойств гемоглобина. Л.А. Блюменфельд получил ряд новых научных результатов, он впервые сделал вывод о существовании конформационных перестроек молекулы гемоглобина, происходящих при присоединении кислорода. Этот вывод предвосхитил знаменитые результаты Перутца по исследованию структурных перестроек гемоглобина методом рентгеноструктурного анализа. Свои исследования он обобщил в докторской диссертации на тему «Структура гемоглобина и механизм обратимого присоединения кислорода», которую блестяще защитил в 1954 году в Институте химической физики АН СССР.

Л.А. Блюменфельд был пионером нового научного направления, связанного с изучением свободных радикалов в биологических системах методом электронного парамагнитного резонанса (ЭПР). Эти исследования активно проводились им более сорока пяти лет в Институте химической физики, где он с 1957 г. возглавлял лабораторию физики биополимеров, а также на кафедре биофизики физического факультета



МГУ, основанной им в 1959 г. Вместе со своими сотрудниками Л.А. Блюменфельд сконструировал спектрометр ЭПР, с помощью которого ему впервые удалось зарегистрировать сигналы ЭПР некоторых биологических объектов. Нельзя не отметить одно из самых выдающихся открытий в области клеточной биологии, сделанное в лаборатории Л.А. Блюменфельда. Речь идет об открытии А.Ф. Ваниным (выпускник первого выпуска кафедры биофизики) сигнала ЭПР, принадлежащего динитрозильным комплексам железа. В дальнейшем было показано, что молекула NO играет роль одного из важнейших регуляторов внутриклеточных и метаболических процессов. Исследования в области ЭПР-спектроскопии оставались в центре научных интересов Л.А. Блюменфельда до конца его жизни. Работы Л.А. Блюменфельда в области ЭПР-спектроскопии биологических объектов по достоинству оценены мировым научным сообществом: за выдающийся вклад в развитие биологических применений метода ЭПР он был удостоен в 1995 году Серебряной медали Международной Ассоциации ЭПР.

Другим крупным направлением научных исследований Л.А. Блюменфельда стало изучение структурных перестроек белков, связанных с их функционированием в качестве катализаторов биохимических реакций. Л.А. Блюменфельд выдвинул и обосновал новую концепцию ферментативного катализа и преобразования энергии в биологических системах. Согласно его гипотезе, важнейшую роль в работе ферментов играют сравнительно медленные структурные перестройки макромолекулы белка, определяемые ее механическими свойствами. Экспериментальное подтверждение основных положений этой гипотезы было получено в результате многочисленных экспериментальных исследований, выполненных в лаборатории Л.А. Блюменфельда в Институте химической физики и на кафедре биофизики физического факультета, а также в других лабораториях у нас в стране и за рубежом.

Л.А. Блюменфельд — основатель крупнейшей биофизической школы. Тридцать лет он возглавлял кафедру биофизики, созданную им в 1959 году на физическом факультете МГУ. В то время это была первая в мире кафедра биофизики, образованная на физическом факультете, кафедра, на которой из студентов-физиков готовили биофизиков — специалистов, имеющих фундаментальную подготовку по физике и биологии. Среди учеников Л.А. Блюменфельда более 30 докторов наук и сотни кандидатов наук, внесших существенный вклад в современную биофизику. В течение многих лет он возглавлял Совет по радиоспектроскопии при Академии наук. До последних дней своей жизни он активно участвовал в работе журнала «Биофизика», был членом редколлегии других научных журналов.

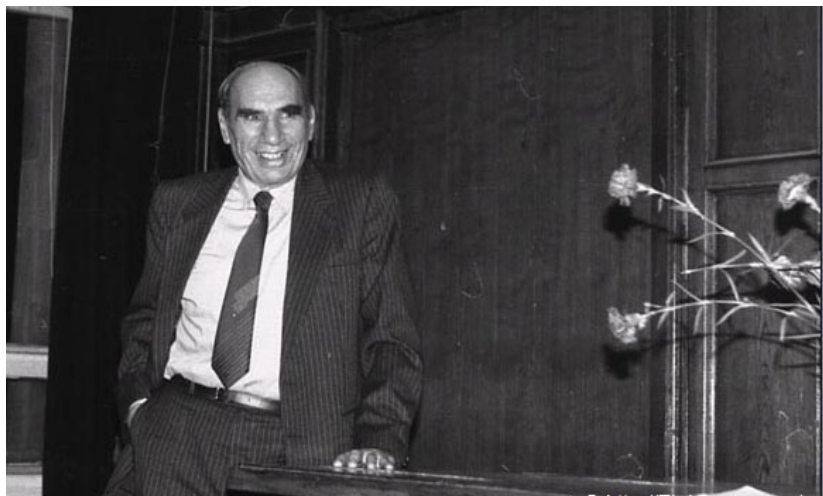


Л.А. Блюменфельд был не только выдающимся ученым и педагогом. Он был щедро одарен талантом поэта и писателя. Богатая событиями жизнь Л.А. Блюменфельда отчасти отражена в его романе «Две жизни». Трудные жизненные испытания не могли остановить его насыщенную, интересную и плодотворную творческую жизнь. Л.А. Блюменфельд — автор семи научных книг, изданных в нашей стране и за рубежом, а также более 300 оригинальных научных работ. Правку своей последней книги «Решаемые и нерешаемые проблемы биологической физики» он сделал 3 сентября 2002 года, за несколько минут до своего ухода из жизни. Потеря Льва Александровича Блюменфельда невосполнима, но остаются с нами его замечательные книги, его научные труды по-прежнему сохраняют свою актуальность, глубокие научные идеи Л.А. Блюменфельда успешно развиваются его учениками и последователями.

В период с 26 по 28 ноября 2021 г. в дистанционном режиме прошла международная научная конференция, посвященная основателям кафедры биофизики на физическом факультете МГУ, профессору Л.А. Блюменфельду и профессору С.Э. Шнолю. Конференцию открыл заведующий кафедрой биофизики профессор В.А. Твердислов, который рассказал об истории возникновения кафедры и преемственности научных направлений, заложенных основателями кафедры биофизики. Своими яркими воспоминаниями поделилась Н.А. Ляпунова, которая была



одним из первых сотрудников кафедры и сформировала программу уникального биологического образования для студентов-биофизиков физического факультета. С интересными сообщениями выступили выпускники и сотрудники кафедры биофизики — Ф.И. Атауллаханов, А.В. Беляев, А.Ф. Ванин, Н.Б. Гудимчук, В.И. Лобышев, М.А. Пантелеев, Э.К. Рууге, А.Н. Тихонов, Г.Б. Хомутов. Подробнее с историей создания кафедры биофизики и научными направлениями, развиваемыми на ней, можно ознакомиться в статье профессора В.А. Твердислова, прикрепленной к материалам конференции на сайте кафедры биофизики.



С воспоминаниями об истории плодотворных взаимодействий с кафедрой биофизики и научными достижениями руководимых ими подразделений и рассказами о собственных научных исследованиях в этой области выступили профессора физического факультета В.А. Макаров, Ю.А. Пирогов, А.В. Приезжев, И.В. Яминский. Профессор С.Д. Варфаломеев (химический факультет МГУ) рассказал о вкладе Л.А. Блюменфельда в становление современной биохимической физики. Было сделано много интересных докладов, отражающих научные достижения выпускников кафедры биофизики разных лет, а также коллегами-единомышленниками, связанными с кафедрой. Среди них были докладчики из Бразилии, Германии, Кубы, Мексики, Польши, Словакии, США, Швеции. Всего за три дня конференции было сделано 40 научных докладов, разнообразных по тематике и интересных по содер-



жанию. Закончилась работа Конференции «круглым столом», на котором выступавшие делились теплыми воспоминаниями о своих учителях — профессоре Л.А. Блюменфельде и профессоре С.Э. Шноле, создателях кафедры биофизики физического факультета МГУ. С особым интересом участники «круглого стола» прослушали выступление Александра Львовича Блюменфельда, который кратко рассказал о жизненном пути своего отца, Л.А. Блюменфельда, ушедшего добровольцем на войну со студенческой скамьи и вернувшегося в МГУ зрелым человеком, закаленным в боях Великой Отечественной войны.

Профессор А.Н. Тихонов

К 60-ЛЕТИЮ ИСПЫТАНИЯ ЦАРЬ-БОМБЫ

30 октября 1961 г. состоялось уникальное испытание ядерного оружия, которое, видимо, останется непревзойденным. Его мощь была чрезмерной. Чтобы понять, для чего же его произвели, необходимо перенестись в 1960 год.

С начала ядерной эры прошло всего 15 лет. Август 1945 ознаменовался сбросом ядерных бомб над японскими городами. Всего 6 лет назад появилась первая АЭС (26 июня 1954, Обнинск) и спущена в г. Гротон (США) первая АПЛ Nautilus (21 января 1954.), 3 декабря 1959 г. в Ленинграде сдан в эксплуатацию первый атомный ледокол «Ленин». Еще человек не полетел в космос, но в мире уже накоплен значительный запас ядерного оружия. К 1960 году у США 20434 заряда (суммарной мощностью 19055 Мт, причём уже было снято 20000 устаревших зарядов мощностью 20490 Мт), у СССР 1605 зарядов (1000 Мт), у Великобритании 30 зарядов (2 Мт). Максимальный мегатоннаж достигнут и скоро будет снижаться. Наибольшего числа боеголовок США достигнут в 1966 г. (32193 шт., 13053 Мт), а СССР — в 1986 (45–46 тыс. шт., свыше 14000 Мт). В 1950-е ежегодно в СССР прибавлялось до 200 боеголовок, в 1960-е до 1000, но в это же время США увеличивало свой ядерный арсенал на 5000 боеголовок в год. Лидировали США и по всем типам носителям ядерных зарядов.

Это было время упоения мощью ядерного оружия, и политики обычно преувеличивали его возможности. Президент США Дж.Ф. Кеннеди 7 марта 1960 г. утверждал, что на каждого из 3 млрд жителей Земли приходится около 10 т ТЭ. Таким образом, он зависил мировой мегатоннаж в полтора раза, а стратегический запас СССР в 10 раз. Любо-



пытная коррекция: максимум расходов на науку в США пришелся на 1964 г. (3% ВВП), а в СССР на 1975 г. (3,7% ВВП) [1, стр. 117]. Видимо, восхищением мощью науки, величиим возможностей физики и объясняется испытание заряда такой мощности. Конечно, сказалось и желание политического руководства СССР произвести впечатление и демонстрацию силы, особенно в условиях отставания нашей страны от США по носителям и количеству ядерных боеголовок. В дальнейшем мощность зарядов будет снижаться, а точность наведения повышаться.

28 декабря 1955 года в Президиум ЦК КПСС была подана записка А.П. Завенягина, Г.К. Жукова, И.В. Курчатова и П.М. Зернова с идеей разработать изделие мощностью 20-30 Мт в виде авиабомбы для применения с самолета М-4. Уже 5 января 1956 года принято постановление СМ СССР № 46-31сс, по которому эта задача возлагалась на МСМ. Испытание намечено провести на полигоне 700 (Новая Земля) в 3-м квартале 1956 года. Вскоре носителем изделия 202 вместо М-4 "назначен" Ту-95. Разработать заряд, получивший название «изделие 202», поручили созданному менее года назад в городе Челябинск-70 НИИ-1011 (ныне ВНИИТФ, директор Д.Е. Васильев, научный руководитель и главный конструктор К.И. Щелкин). В газете «Советский физик» № 1(147) была статья о К.И. Щелкине. Предварительные расчеты показали, что в указанных габаритах при весе 25 т мощность изделия 202 может составлять 38 Мт и выше.

В 1956 г. на 71-м полигоне МО (Багерово, Крымская обл.) под руководством специалистов НИИ-1011 Г.А. Цыrkова и Л.Ф. Клопова, специалистов МО и НИИ ПДС был отработан испытательный комплекс: самолет, автоматика подрыва, парашютная система. Оборудование самолета-носителя включало в себя бомбардировочную установку, обеспечивающую подвеску бомбы под фюзеляжем самолета, систему управления автоматики, средства защиты экипажа от светового воздействия взрыва.

Серийный ТУ-95 № 5800392, изготовленный на заводе № 18 в Куйбышеве 23 февраля 1956 г., был переоборудован под испытание изделия 202 (Ту-95-202 или Ту-95В). Масса бомбы составляла 15% взлётной массы носителя, её габариты потребовали снятия фюзеляжных топливных баков. Эти работы велись в ЛИИ МАП (г. Жуковский) с мая по сентябрь 1956-го. Затем ТУ-95-202 был принят заказчиком и передан для проведения лётных испытаний, которые велись (включая сброс макета «супербомбы») под руководством полковника С. М. Куликова до конца 1959 г. и прошли без особых замечаний. Уже летом 1956 г. возникают первые сомнения в целесообразности испытания изд. 202 (при реальном применении возможно уничтожение противником бомбы, спускающейся на парашюте). Было внесено предложение об ограничении мощности



взрыва величиной в 15 Мт (при этом отпала необходимость извлекать дефицитный дейтерид лития из ранее изготовленных бомб) [2].

К концу августа 1956 г. бомба была изготовлена. Но отработка парашютной системы ещё не была закончена. В связи с тем, что полная готовность к испытаниям может быть достигнута только к октябрю, МСМ просит о переносе испытания на весну 1957 года (ссылаясь на плохие погодные условия в районе Новой Земли в октябре).

31 августа правительством принято решение о переносе сроков испытания изд. 202 на март 1957 года, в мае 1957 года испытание изд. 202 было окончательно отменено.

Ту-95-202 перегнали с аэродрома дальней авиации в г. Энгельсе на аэродром в Узин, где он использовался как учебный самолёт и уже не числился как боевая машина.

В мире все три ядерные государства с ноября 1958 г. соблюдали мораторий на ядерные испытания. 13 февраля 1960 его нарушила Франция, независимо вступив в «ядерный клуб». К 1960 г. США провели 196 взрывов (общей мощностью 117,1 Мт), СССР - 83 взрыва (27 Мт), Великобритания 21 взрыв (8,2 Мт) [6, стр. 13-14].

Но разработка боевых устройств продолжалась. Ещё в 1954 году проф. Калифорнийского университета в Беркли Эдвард Теллер высказал идею о возможности разработки термоядерного заряда с энерговыделением в 10000 Мт, т.е. в десятеро больше всего мирового запаса на то время. Появилось понятие «Бэватонная бомба» (1Бт=1000 Мт).

В мае 1960 г. А.Д. Сахаров, Г.А. Гончаров, В.П. Феодоритов составили отчет о схеме создания бомб мощностью 1000 Мт и более. 2 февраля 1961 руководители КБ-11 Б.Г. Музруков, Ю.Б. Харитон Я.Б. Зельдович, А.Д. Сахаров, Е.А. Негин, В.А. Давиденко подготовили письмо для обсуждения в ЦК КПСС «Некоторые вопросы развития ядерного оружия и способов его использования». Среди прочего в нем ставился вопрос о целесообразности разработки заряда мощностью 100 Мт (его разработка по инициативе Ю.А. Трутнева была начата в 1960 г.). А.Д. Сахаров вспоминал [3, стр.307-310], что его, отдохавшего в Мисхоре, 7 июля 1961 г. срочно по телефону вызвали в Москву.

Обсуждение состоялось 10 июля в Овальном зале Сенатского дворца в Кремле. Сахаров в своей 10-минутной речи рассказал о работе над ядерными ракетными двигателями и высказался против ядерных испытаний, Ю.Б. Харитон – о работе над 100 Мт-бомбой, а Н.С. Хрущев сообщил, что СССР выходит из моратория на ядерные испытания с 1 сентября с.г. и поддержал разработку сверхмощной бомбы. («Пусть 100-Мт бомба висит над капиталистами, как Дамоклов меч!»).



Уже в июле в КБ-11 началась авральная работа по разработке, расчётно-теоретическому обоснованию и подготовке к испытаниям не только сверхбомбы, но и серии других ядерных зарядов (КБ-11 одновременно готовил к испытаниям около 30 зарядов и боеприпасов на их основе).

Все разработки термоядерного оружия в КБ-11 в это время проводились под руководством акад. Сахарова А.Д., Трутнева Ю.А. и Бабаева Ю.Н. Каждую разработку курировал один из этих лидеров. Иногда руководство осуществлялось совместно. Все физики-теоретики КБ-11 были распределены по разработке «своих» зарядов. Поэтому для разработки сверхмощной бомбы вызвали из отпуска д.ф.-м.н. Адамского В.Б., подключив к нему теоретика — выпускника МИФИ 1960 года Смирнова Ю.Н., а также инициаторов создания супербомбы Трутнева Ю.А. и Бабаева Ю.Н. Руководство разработкой взял на себя акад. Сахаров. Конструкторскую разработку заряда вели Е.А. Негин и Д.А. Фишман.



На фото будущие разработчики АН602, слева направо: Трутнев, Сахаров, Заграфов, Бабаев. 21 мая 1961 г. 40-летие Сахарова, Арзамас-16

В 20-х числах июля Адамский и Трутнев в секретной тетради Смирнова набросали эскиз изделия, получившего шифр «АН602». При обосновании его работоспособности широко использовались результаты расчётов по другим изделиям. Применение схемы с одним вторичным модулем привело бы к утолщению бомбы [4, с.87]. В конструкции бомбы и заряда применены два новшества. Первое использовалось в заряде Г.Е. Клинишева (испыт. 23 октября 1961, мыс Сухой Нос, пл. Д-2, взрыв 12,5 Мт на высоте 3,5 км). Второе — «бифилярная» схема: для радиаци-



онной имплозии термоядерного блока спереди и сзади были размещены два термоядерных заряда для обеспечения синхронного (с разновременностью не более 0,1 мкс) поджига термоядерного «горючего» [8].



*На фото: Адамский (1923-2005), Трутнев (1927-2021), Смирнов (1937-2011)
у корпуса РН202 в музее Ядерного оружия, Саров, ок. 2000 г.*

Ввиду больших размеров компоновка изделия потребовала разработки оригинальных подходов. В частности, конструкторам пришлось поломать голову: как изготовить детали большого размера, но с малой толщиной, чтобы они держали форму. КБ-25 (ВНИИ АА) доработало для этого заряда серийный блок автоматики подрыва и нейтронный инициатор. Большой объём заряда требовал значительной энергии рентгеновского излучения для осуществления имплозии. Разработанные ранее ядерные триггеры не удовлетворяли этому условию, и поэтому в качестве первичного использовался двухстадийный термоядерный заряд разработки Ю.А. Трутнева и Ю.Н. Бабаева [8]. В.Г. Заграфовым были проведены расчёты размножения нейтронов для несферических систем триггера. Чтобы избежать значительного радиоактивного заражения увеличили высоту взрыва, чтобы исключить касание поверхности земли огненным шаром взрыва, и уменьшили вдвое мощность бомбы, во вторичном модуле которой U238 был заменен свинцом.



Положение усугублялось сжатыми сроками начала испытаний (01.09.1961 г.), нехваткой парка ЭВМ для проведения должного количества расчетов. Пришлось задействовать все ЭВМ математического института АН СССР (математики КБ-11 работали там по ночам и в выходные дни). По условиям сжатых сроков было решено использовать корпус авиабомбы (Б.Г. Музруков, С.Н. Воронин, А.Е. Даниленко привезли из НИИ-1011 шесть корпусов) и ее парашютной системы. Баллистический корпус и бортовая автоматика подрыва были разработаны в НИИ-1011, но был существенным образом доработан во КБ-11 под весогабаритные характеристики заряда.

Уникальный ТУ-95-202 к тому времени за ненадобностью уже был списан и подлежал утилизации. В августе-сентябре 1961 г. его возвратили в строй, он был доработан на Куйбышевском заводе № 18 под испытание изд. 602. Реальная бомба по массе (26,413 т, в том числе вес парашютной системы — 0,813 т) и габаритам (длина 8,5 м, диаметр 2,1 м) оказалась несколько больше макета (в частности, теперь её вертикальный габарит превышал размеры бомбоотсека в высоту).

Московский НИИ ПДС занялся срочным изготовлением уникальных парашютов (ведущий конструктор и зам. директора НИИ ПДС О.И. Волков получил за эту систему Ленинскую премию, она использовалась и при спуске Ю.А. Гагарина). После выдергивания чеки парашюта, при отрыве бомбы от самолета-носителя и временной выдержки автомата раскрытия выстреливался вытяжной парашютик площадью 0,5 м² и затем последовательно парашют в 5 м², три парашюта по 6 м², потом три парашюта по 40 м² и, наконец, основной парашют в 1600 м². На полигоне НИИ-ПДС в Киржаче с самолётов Ан-12 сбрасывались 30-тонные бетонные болванки-макеты сверхбомбы.

24 октября был закончен итоговый отчет по конструкции бомбы и расчетно-теоретическому обоснованию. Авторы (А.Д. Сахаров, В.Б. Адамский, Ю.Н. Бабаев, Ю.Н. Смирнов и Ю.А. Трутнев) считали, что он может быть «в течение года обоснован без испытаний». Авторы оценивали величину мощности 50 Мт как верхнее значение, более вероятным значением разработчики считали величину на 30% меньшую («...новый принцип, предложенный в 602 изделии, возможно, таит в себе неожиданности»). За 36 часов до отправки на полигон Сахаров доработал корпус, укрепив его дополнительными 60 мм свинцовыми поясами [3, стр.313-314] и [8]

Пожалуй, испытания Царь-бомбы были единственными в СССР, о которых было объявлено заранее. Об этом делегатам XXII съезда КПСС сообщил Н.С. Хрушев в только что построенном Дворце съездов в день открытия съезда, 17 октября 1961 г.



Мировая общественность узнала о 100-Мт бомбе даже раньше советской, из газеты New-York Times 8 сентября 1961 г, а газету информировал помощник американского президента Д. МакКлой, беседовавший с Хрущевым 31 августа. Генеральная ассамблея ООН приняла 27 октября 1961 г. на своем 1043-м пленарном заседании резолюцию, в которой призвала СССР воздержаться от проведения испытания сверхмощной бомбы: 75 стран проголосовало «за», 10 соцстран (в т.ч. Куба) «против», 1 (Мали) «воздержалась».

Ночью 24 октября литерный эшелон направился по 1970-км маршруту через Горький, Киров, Котлас до аэродрома Оленья. На испытания из КБ-11 в Оленью выехало (в основном авиатранспортом) около 50 сотрудников КБ-11. 27 октября эшелон с супербомбой прибыл на станцию выгрузки. По требованиям режима надо было разгружаться в темное время суток, а по условиям техники безопасности требовался хороший обзор, объект разгрузки должен быть хорошо освещен. Из «Моснаучфильма» прибыли кинооператоры для съёмок, они осветили разгрузки «юпитерами». Разгрузочная рампа, находившаяся внизу, представляла прекрасный вид из посёлка Высокого, стоящего на холме 1200 м восточнее. Поэтому режимщики направили в каждую квартиру по солдату для контроля за тем, чтобы никто не подходил к зашторенным окнам. Бомба на мощном ложементе, металлической раме, волоком была перегружена на 24-колёсный прицеп ЧМЗАП-5208 и доставлена тягачом в сборочный цех «ДАФ».

Чтобы не переохладить заряд при наружной подвеске, на внутренней поверхности баллистического корпуса надо было смонтировать стекловолоконную «шубу» с системой электрообогрева и термостатирования [8].

Вечером 29 октября прошло заседание Госкомиссии под председательством генерал-майора Н.И. Павлова, начальника 5-го Главного управления опытных конструкций МСМ. Присутствовали генерал-лейтенант С.В. Форстен, начальник 2-го управления ЦНИИ-12, генерал-майор Н.И. Сажин, доклад сделал полковник С.М. Куликов, начальник 1-го управления войсковой части № 93851 (71-го полигона ВВС, Багерово) возглавлявший авиагруппу испытаний. Общее руководство этим уникальным испытанием на полигоне осуществлял вице-адмирал П.Ф. Фомин, а также генерал-майор Г.Г. Кудрявцев, инженер-капитан I ранга В.В. Рахманов, инженер-контр-адмирал Ю.С. Яковлев, профессор И.Л. Зельманов (Институт химической физики АН СССР).

Экипаж самолета-носителя Ту-95 сопровождали два самолета охраны Ту-16. И Ту-95, и Ту-16 несли большое количество приборов для фиксации параметров взрыва. Взлёт группы самолетов с аэродрома Оленья состоялся в 9 час 30 мин. Испытание проводилось на площадке Д-П на полуострове Сухой Нос в 15 км от губы Митюшиха севернее пролива



Маточкин Шар. Выбор района испытаний определялся необходимостью проведения взрывов такой большой мощности в условиях, обеспечивающих безопасность населенных пунктов, расположенных на материке. Для проведения испытаний было оборудовано опытное поле с комплексом приборных сооружений и стендов, в которых размещалась измерительная аппаратура. Проведению испытаний предшествовала значительная работа по прогнозированию возможных характеристик воздействия взрыва и проведение мероприятий по обеспечению безопасности участников испытаний и населения в пунктах, расположенных на материке и островах Северного Ледовитого океана. Специальное внимание было уделено воздействию ударной волны на больших расстояниях от места взрыва и связанному с ним разрушению остекления. Особое внимание также уделялось прогнозированию погоды, которое осуществлялось большой группой синоптиков метеослужбы страны во главе с Ю.А. Израэлем и метеослужбы Новоземельского полигона.

Сброс бомбы произошел в 11 час 29 мин. 50 сек. МСК с высоты 10500 м. Время падения заряда до момента подрыва составило 189 сек. Подрыв заряда был осуществлен в 11 час 33 мин. МСК (8 час 33 мин. по Гринвичу) по барометрическим датчикам на высоте 4200 м над уровнем моря (3900-4000 м над холмами) по сигналу с площадки Д-8. Удаление Ту-95В от места взрыва к моменту взрыва составило около 39 км, высота 9,7 км, удаление самолета-лаборатории ~ 53,5 км. В момент взрыва появилась яркая вспышка, которая длилась 30 сек. Общее световое воздействие длилось 73 сек. В процессе светового воздействия ощущалась повышенная температура. Огненный шар взрыва в диаметре достиг диаметра 4.62 км, он мог бы коснуться земли, но отражённая взрывная волна оттолкнула шар от земли вверх. Вспышку наблюдали в различных точках побережья, на островах Северного Ледовитого океана, в Норвегии, Гренландии, на Аляске. В губе Белушья (около 280 км от места взрыва) был отмечен жар. Световое излучение на расстоянии до 100 километров вызвало бы ожоги 3-й степени. По наблюдению членов экипажей самолетов, процесс развития облака взрыва продолжался около 40 минут. Через 35 минут после взрыва облако имело двухъярусную структуру с диаметром верхнего яруса 95 км и диаметром нижнего яруса 70 км. Образовавшийся гриб достиг 67 км в высоту. Диаметр ножки был равен 8-27 км. Облако взрыва очень долго сохраняло свою форму, и было видно на расстоянии до 800 км.



Магнитуда землетрясения от ударной волны составила 5-5,25. В бухте Грибовая (90 км) сошли лавины. В 55 км южнее (пос. Северный) все дома были разрушены. Фронт ударной волны догнал Ту-95 через 8 минут 23 с после сбрасывания заряда на удалении 115 км. Воздействие ударной волны ощущалось в виде слабого встряхивания, без фактического изменения режима полета самолета. Самолет-лаборатория находился к моменту прихода ударной волны на расстоянии 205 км от места взрыва. Отраженные ударные волны различной интенсивности регистрировалось в течение времени более 40 минут. Ю.Б. Харитон, который руководил сессией ядерных испытаний на Семипалатинском полигоне по показаниям сейсмических датчиков, установленных в подвале школы № 20, сразу понял, что «602» сработал успешно. Волна давления, возникшая в результате взрыва, трижды обогнула земной шар [5] с периодом около 36 час. По результатам работы радиационной разведки наблюдалось незначительное радиоактивное загрязнение опытного поля радиусом 2-3 км в районе эпицентра с уровнями интенсивности γ -дозы не более 1 мР/час при времени $t = 1$ час после взрыва. Испытатели появились в эпицентре взрыва на Ми-4 через 2 часа, и загрязнение было практически не опасным. По официальной версии, убитых не было обнаружено.

Радиационная разведка, проведенная через 2 суток после взрыва по Карскому побережью Новой Земли, загрязнения территории, обусловленного взрывом, не обнаружила. Энергия взрыва составила (по западным источникам) 58,6 Мт ТЭ. Такая энергия соответствовала выработке



самой мощной в мире на то время Сталинградской ГЭС за 6 лет или энергии землетрясения с магнитудой $M=8,32$. Взрыв «Царь-бомбы» на поверхности привел бы к появлению воронки диаметром 1,5 км и глубиной до 200 м, но она взорвалась в воздухе, над скальным грунтом. В радиусе 15-20 км испарился двухметровый слой льда. Считается, что из 15-миллионного поголовья оленей в радиусе 700 км погибла половина. Посадка самолета-носителя производилась на аэродроме «Олений» на Кольском полуострове спустя 4 часа после взлета. Существует видеохроника приземления после испытания; самолет обгорел, при осмотре после посадки видно, что некоторые выступавшие алюминиевые детали оплавились и деформировались.

Чуть позже на ученых-атомщиков пролился дождь наград [8]. Звание «Герой Социалистического Труда» получили 26 ведущих конструкторов и ученых (только в КБ-11 восемь «Героев» и 40 Ленинских премий), ордена и медали получили более 7 тысяч человек. Экипажи участвовавших в испытании самолетов получили награды в диапазоне от Золотых звезд Героев до орденов «Красной звезды».

Много ценных сведений о создании и испытании этого уникального устройства содержится в воспоминаниях ныне здравствующих ветеранов НИИ-1011 (ВНИИТФ) В.Д. Кирюшкина (о создании РН202 см. [2]) и КБ-11 (ВНИИЭФ) А.В. Веселовского (об испытании АН602 см [8]). На фото они соответственно слева и справа.



Литература:

1. «К исследованию феномена советской физики 1950-1960-х гг.», под ред. В.П.Визгина, Изд-во Русской христианской гуманитарной академии, С-Пб., 2014.
2. Кирюшкин В.Д. «Правда о "Кузькиной матери"», Изд-во РФЯЦ-ВНИИТФ, Снежинск, 2015.
3. Сахаров А.Д. «Воспоминания», Изд-во «КоЛибри», М., 2016.



4. «Вопросы истории естествознания и техники», 1995, №3, стр.79-99, В.Б.Адамский, Ю.Н.Смирнов «50-Мт взрыв над Новой землёй».
5. Farkas E. Transit of Pressure Waves through New Zealand from the Soviet 50 Megaton Bomb Explosion.// Nature. — 1962. — Vol. 193. — Iss. 4817 (24 Feb. 1962). — P. 765—766.
6. «Ядерные испытания СССР», ИздАт, М., 1997.
7. УФН т.167 № 1, стр.107–108, (1997), Л.В.Альтшулер, Я.Б.Зельдович, Ю.М.Стяжкин «Исследование изэнтропической сжимаемости и уравнений состояния делящихся материалов» .
8. А.В.Веселовский «ЦАРЬ-БОМБЕ 50 ЛЕТ». (интернет-ресурс <http://www.proatom.ru/modules.php?name=News&file=article&sid=3364>)

Лукашик В

ЛЕНИНГРАД ОБВИНЯЕТ

Наша история

В этом году отмечается 80-я годовщина беспрецедентного события в отечественной и мировой истории — годовщина блокады Ленинграда (8 сентября 1941 года – 27 января 1944 года).

Ленинград выстоял, чтобы остаться (надеюсь, навечно) примером стойкости советского народа в борьбе за независимость Родины.

С другой стороны, блокада Ленинграда является примером появления войны нового типа — войны на уничтожение. Войны, которую развязала нацистская Германия против Советского Союза.

Итоги этой войны на уничтожение советского народа отправили в Нюрнберге на скамью подсудимых политических и военных преступников Третьего рейха.

Сейчас отмечается и завершение Нюрнбергского военного трибунала. 16 октября — это 75-я годовщина исполнения военного приговора: главные нацистские преступники в этот день были повешены в Нюрнберге. (Прим. Главного редактора. Участники проекта "Нюрнберг. Начало мира" провели опрос и выяснил, что 46 процентов молодых людей РФ от 18 до 24 лет ничего не знают о Нюрнбергском процессе).

Сегодня сосредоточимся на судьбе Ленинграда.

Поскольку Ленинград — это пример, который, как капля воды, отражает планы германского политического руководства, отношение армейского командования к этим планам, а именно — планам геноцида населения Советского Союза, которые вынашивали в Третьем рейхе и претворяли в жизнь конкретные исполнители.



Что Ленинград как центр промышленности станет одной из целей возможных ударов, было очевидно с конца 1920-х — начала 1930-х годов. Ленинград с его количеством жителей, с его объектами промышленности подготовить к перемещению на восток, как и другие города Советского Союза, объективно сложно. Поэтому в довоенное время было принято решение о строительстве Линии укрепрайонов по защите крупных промышленных центров. Но надо понимать, что страна начинала строить и строила укрепрайоны в период после Первой мировой войны, иностранной интервенции, гражданской войны. В тех экономических реалиях Линия укрепрайонов уступала по мощности своих бетонных укреплений, например, французской Линии Мажино. Тем не менее, свою оборонительную роль в срыве быстрого продвижения на восток немецких войск Линия укрепрайонов, а затем и возведенный Лужский рубеж на пути к Ленинграду сыграли [5].

Что касается немецких планов на Ленинград, то стоит обратиться к Директиве №21, наиболее известной как план «Барбаросса». В Директиве №21 указывалось: «во взаимодействии с северной группой армий, наступающей из Восточной Пруссии в общем направлении на Ленинград, уничтожить силы противника, действующие в Прибалтике. Лишь после обеспечения этой неотложной задачи, за которой должен последовать захват Ленинграда и Кронштадта, следует приступить к операциям по взятию Москвы как важного центра коммуникаций военной промышленности».[1]. Итак, Ленинград как цель операции «Барбаросса» ставился по времени перед Москвой.

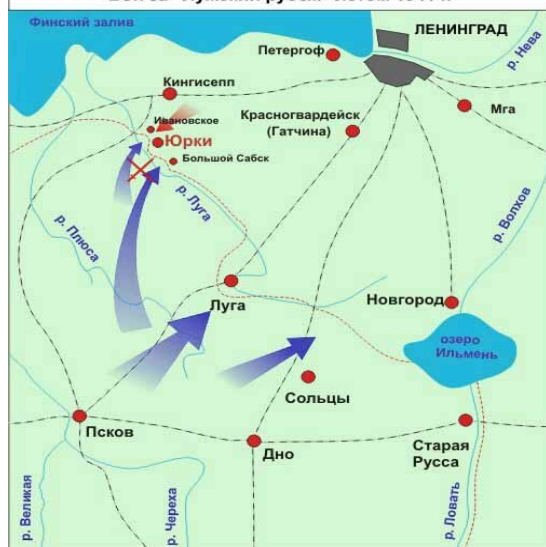
Кроме того, Ленинград как центр военной промышленности, как база военно-морского флота, приобрёл для немцев дополнительное значение, когда они столкнулись с тяжёлыми танками КВ. После выяснения, что танки КВ производятся в Ленинграде [5], город получил приоритет в отношении его скорейшего взятия и предотвращения поступления на фронт этих тяжёлых танков.

В 20-х числах августа 1941 года немцы добились существенного продвижения в направлении на Ленинград. Им удалось прорвать Лужский рубеж, причём прорвать его и на кингисеппском направлении, то есть правый (северный) флаг Лужского рубежа, и прорвать в направлении на Новгород.

По мере развития наступления группы армий «Север» немцы стали переходить к практическим шагам по выполнению Директивы №21. Возник вопрос относительно того, что нужно сделать для прекращения работы промышленности Ленинграда и как не возлагать на немецкую сторону заботу о его населении.



Бой за "Лужский рубеж" летом 1941 г.



Советские войска

Немецкие войска

Лужский рубеж

Крупные сражения

Карта
военных
действий на
Лужском
рубеже в
1941 году.
Публичные
источники



Вопрос о населении города очень быстро стал одним из краеугольных, который вызвал споры, прежде всего, в Верховном командовании вооружённых сил Германии. Запись от 31 августа 1941 года из дневника Франца Гальдера [6], начальника Генерального штаба сухопутных войск Германии (осужден Международным военным трибуналом в Нюрнберге): «Установка Кейтеля (примеч. начальник штаба Верховного командования вермахта (1938–1945 гг.), генерал-фельдмаршал, осужден Международным военным трибуналом), которую он дал в письме на имя главкома (примеч. Главнокомандующий сухопутными войсками, генерал-фельдмаршал немецкой армии Вальтер фон Браухич), сводится к тому, что немцы не в состоянии прокормить население Ленинграда, поэтому стоит прогнать его из города. Предложение практически невыполнимо, поэтому не представляет ценности».

Показательно, как прекрасно Гальдер понимает, что практически нельзя что-либо сделать с населением Ленинграда, за рамками того простого и очевидного решения, что если немцы не готовы его кормить, то следует радикально пересмотреть свой план, но этого никто не собирался делать. Тем не менее, на 31 августа 1941 года, когда Гальдер сделал эту запись, уже имелось указание из Оперативного отдела Генерального штаба Верховного командования сухопутных войск группе армий «Север». На основании Директивы Верховного командования от 28 августа 1941 года [1] приказывается:

Город Ленинград должен быть взят в как можно близко прилегающее к городу кольцо блокады, что экономит силы. Капитуляции города не требовать.

Чтобы достичь наискорейшего уничтожения города, как последнего центра красного сопротивления на Балтике, без большой крови с немецкой стороны, пехотный штурм исключается. Напротив, после уничтожения ПВО и истребителей противника, город должен быть лишён ценности для жизни и обороны путем уничтожения водопроводных станций, складов, источников электроэнергии. Любое неповиновение гражданского населения блокирующим город немецким войскам, должно, по необходимости, предотвращаться силой оружия.

Принципиальное решение, принятое 28 августа 1941 года, утверждает по Ленинграду план действий с немецкой стороны — это блокада.

Итак, перед немецким командованием встала проблема брать на себя ответственность за население Ленинграда, его снабжение, либо принимать на себя те решения, которые позволят избежать подобного рода кризиса по обеспечению мирного населения за счет немецкой стороны.



В целом у германского командования были возможности уйти принципиально от этой проблемы. Элементарно посмотрев на карту, видно, что задача прекращения военного производства в Ленинграде решается достаточно простыми военными методами. Основные промышленные мощности находятся в южной части города. Взятие их под обстрел решает задачу военно-экономического характера. Острой необходимости перехватывать все коммуникации, идущие из Ленинграда в глубину страны, не было.

Тем не менее, у немецкого командования буквально звучит фраза о плотном окружении города. И не только в плане изоляция от внешнего мира, но и в плане выхода на ближние подступы к городским кварталам. Здесь следует отметить, что в ходе сентябрьского наступления (напомню, что тогда на помощь Ленинграду был направлен Г.К. Жуков), немцам не удалось достичь первоначально поставленных целей по максимальному сжатию кольца блокады, выходу как можно ближе к городской черте. Подступы к городской черте в разных направлениях необходимо было удерживать советским войскам, чтобы не допустить подпадания всей территории города в сплошную зону досягаемости немецких артиллерийских орудий. Стоит обратиться к дневнику фон Лееба [7] (командующий ГА «Север», осужден Нюрнбергским военным трибуналом), в котором размещены записи на этот счет: «Необходимо, чтобы орудия береговой артиллерии, которые находясь в подчинении сухопутных войск группы армий „Север“, а это выше 24 батарей, сосредоточили основной удар по Ленинграду. С офицером по связи с военно-морским флотом обсужден вопрос о том, чтобы не задействованные в настоящий момент в интересах ВМС орудия были направлены под Ленинград. Кроме того, поставлен вопрос о переподчинении командованию 18 армии береговой артиллерии, размещённой под Ленинградом. Необходимо, чтобы вся артиллерия была в одних руках».

Итак, со стороны фон Лееба происходит деятельная активность, связанная с выполнением приказа о бомбардировке города, если ему не хватает береговых батарей для разрушения Ленинграда, он, не задумываясь о судьбе жителей города, привлекает морскую артиллерию. До северных районов города эта артиллерия не доставала, но все, что расположено к югу от Невы, было вполне достижимо. При этом установка, если вновь обратимся к дневнику фон Лееба [7], та же: «20 сентября 1941 года. Суббота. 91 день войны. Относительно Ленинграда принцип остаётся прежним. Мы не занимаем город и не кормим его население». 3 сентября 1941 года. Сообщение Кейтеля начальнику Генштаба: «Фюрер и ОКВ (примеч. Верховное командование вермахта) не видят никаких препят-



ствий к артиллерийскому обстрелу и бомбардировке Ленинграда вместе с мирным населением». Данное указание и его выполнение имеют строгую классификацию и называются не иначе как преступные приказы. Командующий ГА «Север» фон Лееб (осужден МВТ в Нюрнберге) в оценке обстановки 20 сентября 1941 года говорил, что должно продолжиться наступление на Ленинград, пока кольцо вокруг города не станет достаточно тесным: «Лишь если Ленинград будет выведен из борьбы и лишён своей военной силы, хребет противостояния на севере будет сломан». Далее он говорит о том, что упор изначально должен быть сделан на сужение кольца вокруг города, так как оно даст плацдарм для обстрела Ленинграда.

Постоянный артобстрел Ленинграда становится реалиями блокады в течение всего периода, вплоть до 1944 года. Первый обстрел был 4 сентября 1941 года. Для обстрела Ленинграда были задействованы и дальнобойные орудия 240-мм пушки 84 полка немецких сухопутных войск. В дальнейшем для обстрела города немцы выделили три полка дивизионной артиллерии, два тяжёлых дивизиона РГК, плюс железнодорожная артиллерия. Находились они в тот момент на расстоянии 8–12 км от переднего края. Такое расстояние обусловлено тем, что советская дивизионная артиллерия неизбежно доставала до немецких орудий, близко расположенных к переднему краю. Дальность ограничивалась суммой расстояний от позиций орудий до фронта и от фронта до целей.

Вновь обратимся к тому, какие записи делал военный преступник фон Лееб в своём дневнике: «27 сентября 1941 года. Необходимо вначале усилить работу по ослаблению противника. С этой целью артиллерия 18 армии будет вести беспорядочный обстрел по времени и месту с дальних позиций. Будет высказана просьба 1-му воздушному флоту держать население Ленинграда в страхе путем беспорядочных бомбардировок и снижению его воли к сопротивлению путем усиления листовочной пропаганды с воздуха». Видим, что речь идёт не о воздействии на конкретные, например, ленинградские заводы, на конкретные районы сосредоточения войск, штабы управления, прямым текстом нам пишут о беспорядочных обстрелах. Беспорядочный обстрел — это уничтожение населения. По городу стреляли днем, как правило, с 10 до 19 часов: сначала огневой налёт, затем методический огонь до 24 часов. Такой тактики придерживались до конца 1941 года. В сентябре расстреляли по городу 5400 снарядов, в октябре почти 8000 снарядов, в ноябре 11000 снарядов. 15 сентября 1941 года город находился под огнём артиллерии 18 часов 32 минуты. Помимо беспорядочных обстрелов Ленинграда, одновременно велись целенаправленные обстрелы и бомбардировки. Если смотреть какие цели указывались, например, Эрмитаж был обозначен как объект №9. Фактически, это были обстрелы, носящие не характер какого-то военного



воздействия, что ещё можно было бы логически объяснить, это был именно жесточайший террор, призванный физически уничтожить население города.

Это уже не цели обычной войны, тех войн, которые велись ранее. Это война Германии против Советского Союза с целью уничтожения советского населения, несмотря на все отговорки затем в свое оправдание на Международном военном трибунале в Нюрнберге.

Говоря о возможностях, что могли бы делать немцы в рамках обстановки, если не хотели брать на себя содержание населения Ленинграда, нужно указать следующее. Во-первых, перевозки по Ладожскому озеру, если у фон Лееба была одна линия снабжения его войск, ничего не мешало ему оставить снабжение города на плечах советского военного и хозяйственного руководства. Элементарно не мешать перевозкам по Ладожскому озеру. Немцы, напротив, выдвинули артиллерию в Шлиссельбург и стали мешать перевозкам. Ещё одним их планом было форсирование Невы, чтобы пройти по западному берегу Ладожского озера и соединиться с финнами, полностью лишить Ленинград возможности снабжения через Ладожское озеро. Эти планы были нацелены на уничтожение населения города, для их реализации предпринимались конкретные, и вполне очевидные по своим последствиям, шаги. 12 октября 1941 года. Приказ Верховного командования вермахта гласил: «Фюрер решил, что капитуляция Ленинграда, даже если таковая будет предложена противником, не будет принята». Далее изложен общий принцип, который действовал как часть политики уничтожения. Там же: «Для всех остальных городов действует правило, что перед взятием они должны быть разрушены артиллерийским огнем и атаками авиации. Население должно быть принуждено к бегству. Хаос в России станет тем больше. Наше управление и эксплуатация на оккупированной территории тем легче».

Здесь закономерно возник вопрос — все эти бесчеловечные приказы должны были выполнять конкретные люди, которые были призваны по мобилизации, не каждый из них был энтузиастом-палачом, — как это будет восприниматься исполнителями? На этот счёт были свои планы с использованием мин, которые позволяли не смотреть на людей, которых было приказано убивать. Как показала практика позднейших карательных операций, в немецкой армии находилось много таких, которые выполняли самые бесчеловечные приказы с энтузиазмом и изумительной изобретательностью.

Самый сильный артобстрел города был 17 июля 1943 года, когда блокада была уже прорвана. Все это говорит о том, что политика нацистов была направлена на геноцид населения Советского Союза. С сентября 1941 года по январь 1944 года было выпущено 150 тысяч снарядов. Такой ценный ресурс, как металл, используемый в изготовлении снаря-



дов, столь необходимый немцам во второй период войны, они расстреливали на Ленинград, на жителей города, с целью осуществления жесточайшего террора. Из 872 дней блокады город подвергался обстрелам 611 дней. По результатам этих обстрелов погибло 17 тысяч человек, было ранено — 34 тысячи человек, то есть это прямая система, направленная на уничтожение людей.

Ленинград выстоял.

Итоги войны на уничтожение, развязанной нацистскими политическими и военными преступниками, посадили их на скамью подсудимых Международного военного трибунала в Нюрнберге.

Литература:

1. 100(0) Schlüssel Dokumente zur Deutschen Geshchichte im 20 .Yahrhundert («100(0) ключевых документов по германской истории в 20 веке») //Электронный ресурс] – Режим доступа: https://www.1000dokumente.de/index.html?c=dokument_de&dokument=0009_bar&object=facsimile&trefferanzeige=&suchmodus=&suchbegriff=&t=&l=de – свободный.
2. ЦАМО. Ф. 217. Оп. 1221. Д. 2142.
3. МО РФ «Память народа» // [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://pamyat-naroda.ru/> –свободный.
4. «Фортификация Ленинграда» // [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.lendot.ru/ru/maps/maps/pic/#6> –свободный.
5. Исаев А.В. Иной 1941. От границы до Ленинграда. Москва: Яуза. 2011. 490 с.
6. Гальдер Ф. Военный дневник. Ежедневные записи начальника Генерального штаба Сухопутных войск 1939-1942 гг.— Военное издательство Министерства обороны СССР. 1968-1971.
7. Leeb v. W. R. Tagebuchaufzeichnungen und Lagebeurteilungen aus zwei Weltkriegen. — Stuttgart: Deutsche Verlags-Anstalt, 1976. Издание: Лебедев Ю. По обе стороны блокадного кольца. — СПб.: Издательский Дом «Нева». 2005.

*Тимова М. А.,
младший научный сотрудник ФГУБ науки ИЗМИРАН им. Н. В. Пушкова,
выпускник физического факультета 2012 г.*

Примечание Главного редактора

Блокаде Ленинграда посвящено много книг, фильмов, материалов в СМИ. Когда-то давно меня поразило выступление женщины— блокадницы. Она с горечью говорила, что они – Ленинградцы – не просто выживали в блокаде, о чем много пишут. Они – Ленинградцы – прежде всего, боролись, они не просто выстояли, они победили.



Победили, потому что знали:

«Наше дело правое. Враг будет разбит. Победа будет за нами».



Лучшее подтверждение этой веры Ленинградцев в Победу можно найти в поразительнейших (чудесных!?) статданных о числе заключенных браков, разводов, новорожденных (!!!) по Ленинграду за период 1940–1945 гг.

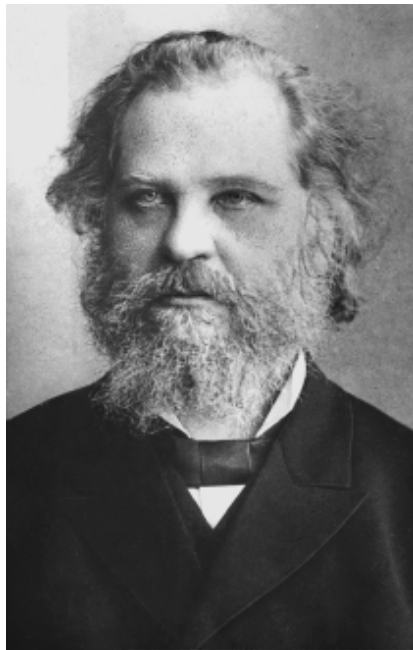
Вот это были Люди!



УМОВ – ОСНОВОПОЛОЖНИК ФИЗИЧЕСКИХ ОСНОВ ЭКОЛОГИИ

175 ЛЕТ СО ДНЯ РОЖДЕНИЯ
К 270-ЛЕТИЮ МГУ

В научном знании существует относительно небольшое число "вечных" проблем, которые привлекали общее внимание на протяжении всей многовековой истории развития науки. К таким проблемам относится выяснение сущности жизни, как природного явления. Сто лет назад к ней обратился и выдающийся русский физик Николай Алексеевич Умов, который в 1902 году в лекции "Физико-механическая модель живой материи", предвосхитив многие достижения современной науки, определил сущность жизни, как стройность, сформулировав в дополнение к этому фундаментальный закон существования в природе процессов генерации и отбора упорядоченных состояний материи. Эта работа оказалась незаслуженно забытой, и, как нам представляется, было бы интересно на фоне современных знаний воспроизвести ее основные положения.



Специфику жизненных явлений Н.А. Умов связал с понятием "стройность", характеризующим связанность движений. В этом понимании стройность, по мнению Н.А. Умова, существует в живой и неживой природе, но в последней выражена несравненно слабее. При этом стройность соотносится с энтропией — ее противоположностью, и ставится вопрос, в каком отношении находится живая природа к закону роста энтропии, согласно которому конечным результатом всех процессов природы является увеличение нестройности. Чтобы показать, каким образом может возникнуть стройность, Н.А. Умов сравнивает результаты процесса окисления органического вещества при лесном пожаре и в паровом



двигателе: "В первом случае мы получаем беспорядочные движения потоков горящих газов, постепенно излучающих и разменивающих свою энергию на движения мелкие, хаотические. В паровом двигателе, как бы плохо он ни был устроен, мы имеем движение более стройное. В понятие парового двигателя мы включим все условия его функционирования. Чем обуславливается достоинство машины? Оно тем выше, чем большее количество подводимой энергии может преобразоваться в стройные формы движения и чем большей стройностью, т.е. связностью отличаются эти формы. Условием такого достоинства является стройность самой машины и стационарность ее действия. Двигатель с движением периодическим будет более стройным...

Стройность движения характеризуется определенной формой. Она обуславливается только большей или меньшей связью последовательных элементов движения... Чем стройнее машина, тем больше имеется в ней приспособлений, обеспечивающих эту стройность от случайностей. Таким образом, осуществление стройности уже вооружает машину приспособлениями для борьбы за существование, которая в данном случае есть не что иное, как борьба за стройность. Дифференцирование органов машины обуславливает не только большую стройность, т.е. связность движений, но и их большее разнообразие... Стройность тем выше по своему качеству, чем она устойчивее. Так как по закону роста энтропии, среди вредных случайностей мелкие встречаются чаще крупных, то механизм тем более сохраняет свою стройность, чем он приспособленнее к мелким движениям... Чем совершеннее стройность, чем глубже проникает она механизм, тем больше поводов к ее борьбе с нестройностями: борьба с миганием пламени, перебоем звуков, с утомляющей пестротой цветов и т.д. Стройный механизм стремится создать обстановку, находящуюся с ним в резонансе, а не в перебое. Выражаясь другими словами, он приводит все окружающее в гармонию со свойственным ему чувством красоты, подчиняет это окружающее своим идеалам".

Здесь следует подчеркнуть два важных момента: утверждение о возможности количественной характеристики стройности по степени ее устойчивости и указание на связь понятия стройности не только с пространственной, но и с временной упорядоченностью явлений, т.е. придание стройности смысла динамической характеристики. Действительно, что может быть пространственно более стройным, более упорядоченным, чем кристалл при температуре абсолютного нуля?! Но такой порядок мертв, он неизменен, не способен к развитию и, следовательно, не может быть основой создания стройности в живой природе.



Н.А. Умов обращает внимание на три обстоятельства, характеризующих жизнь: во-первых, на глубокую физическую аналогию "сознательных" действий в живой природе и работы автоматических устройств; во-вторых, на невозможность осуществления процессов управления и появления стройности без роста энтропии и, в-третьих, на порождение стройности стройностью. Аргументация этих фундаментальных положений приводится ниже с небольшими сокращениями в вышеупомянутом порядке.

1. "Научный и обыденный опыт показывает, что живая материя не изменяет своей деятельностью законы природы неорганической. Мы можем поэтому высказать следующее положение: действие живой материальной системы на неживую может быть заменено действием некоторой неживой материальной системы.

Перейдем теперь к рассмотрению вопроса о том, насколько справедлива теорема, обратная той, которая была только что формулирована. Действительно, не очевидно, что действие внешнего мира на живую материю эквивалентно действию на некоторую неживую материальную систему. Представим себе зверя, который, увидав опасность, сразу останавливается и испускает крик, предупреждающий товарищей. Спрашивается, возможно ли заменить процессы, сопровождающие этот сознательный акт, процессами в некоторой неживой материальной системе? Да, можно, давая такой системе соответственную организацию. Представьте себе локомотив, несущий на своей груди пластинку селена, включенную в одну цепь с аккумулятором и реле, которое может замыкать сильную батарею, соединенную с электродвигателем. Навстречу нашему локомотиву несется другой, имея впереди вольтовую дугу. При сближении луч света падает на пластинку селена, которая становится проводником электричества, реле замыкает батарею, освобождает, как говорят, химическую энергию; завертевшийся электрический двигатель пускает в ход тормоза и открывает клапан в свистке локомотива. Здесь повторились процессы раздражения, освобождения энергии и реакции, происходившие в животном.

Итак, в целом ряде актов, сопровождающихся сознанием и вызываемых внешним миром, живая материя может быть заменена автоматом.

На двух сформулированных теоремах основана приложимость физики и химии к явлениям, представляемым организмами".

2. "Высшие степени стройности могли возникать в природе только с такими приспособлениями, которые давали бы возможность оберегать среди случайностей самую нить стройности. К таким приспособлениям относятся органы чувств, память, психика.



Закон роста энтропии имеет громадное значение в осуществлении этих приспособлений.

Без затухания, излучения, словом — без рассеяния энергии, ни один орган не мог бы исполнять своего значения и не мог бы иметь прочного существования. Если бы световые вибрации сохранялись в сетчатой оболочке нашего глаза, мы имели бы постоянно возрастающее ощущение блеска и в результате — отсутствие отчетливости ощущений и слепоту...

Следовательно, энергия, пробегающая от наших органов чувств к центральным частям нервной системы, должна затухнуть, т.е. излучиться, но должна в то же время оставить след. Такой след на языке физики есть запись энтропии; механизмы, осуществляющие наиболее стройные движения, представляют собой памятные книжки энтропии. Записи энтропии, накапливаясь, сохраняют свою раздельность, они образуют память, основу психической деятельности. Без закона энтропии психическая деятельность была бы невозможна".

3. "Представим себе органную трубу среди бушующей воздушной бури. Она издает свойственный ей музыкальный тон. На музыкальный тон не было затрачено новой энергии, а только произошел отбор, сортировка хаотических движений частиц воздуха в гармонические или стройные движения. Энергия осталась та же — энергия бури. Сортировка есть акт нематериальный, органная труба есть приспособление отбора...

В частях нервной системы, вследствие внутренних и внешних влияний и передач, происходят хаотические процессы с определенной энергией. Приспособления отбора вносят в эти процессы стройность, сообразно своей природе, и такой акт не требует специальной затраты энергии... Процесс представляется таким образом: раздражение органов чувств вызывает какое-то изменение, которое распространяется по нервной материи и где-то само конструирует свой след, вроде нашей органной трубы. Когда много времени спустя мимо этого следа или через него пронесется хаос каких-либо изменений, то этот след, представляя из себя приспособление отбора, придаст некоторой части хаоса стройность, представляющую именно тот процесс, который сконструировал этот след.

Подобное конструирование орудий отбора самими явлениями мы опять находим в неорганической природе... Световые лучи различного цвета устраивают сами в светочувствительной пленке резонирующие им полости (при получении световых фотографий — В.С.). Такая пленка, внесенная в волны света, заблещет теми цветами, которые когда-то изменили ее структуру. Она воспроизведет явление, когда-то совершившееся и записавшее в ней свой пробег... Отбор или сортировка могут быть не



только физические, но и химические. Приспособления сортировки в этом последнем случае будут образованы веществами, способствующими возникновению определенных химических реакций, или катализаторами...

Природа представляет из себя громадную лабораторию, в которой происходят непрерывные превращения вещества: некоторые из вновь образующихся веществ сохраняются, другие же разрушаются в момент своего возникновения. Поэтому нужно принять, что появлению жизни, т.е. и формированию того вещества, в котором могли возникнуть процессы жизни, сопутствовало образование элементарных орудий отбора, улавливавших образующиеся новые вещества и оберегавших их от разрушения. Такие элементы отбора должны быть заложены и в тех клетках, которые служат целям размножения, этому необходимому свойству, которым должна обладать стройность в мире, подчиненном закону роста нестройности. Способностью к размножению живое увеличивает свои шансы, компенсирует необратимость процессов природы".

Согласно представлениям Н.А. Умова, между живым и неживым нет непреодолимой границы. Все наиболее характерные черты живой материи в менее развитом виде существуют и вне ее, являясь следствием действия общих законов природы. В живых организмах нет ничего такого, что отсутствует в неорганических телах, и все различия сводятся к форме и степени проявления стройности. В явлениях жизни не остается места энтелихи, жизненной силе и другим гипотетическим субстанциям, обращение к которым вызвано только неполнотой физических знаний. Представления о разделении живой и неживой природы по количественным показателям каких-то свойств имеет очевидный физический смысл и способствует поиску объективных критериев для выявления сущности жизни.

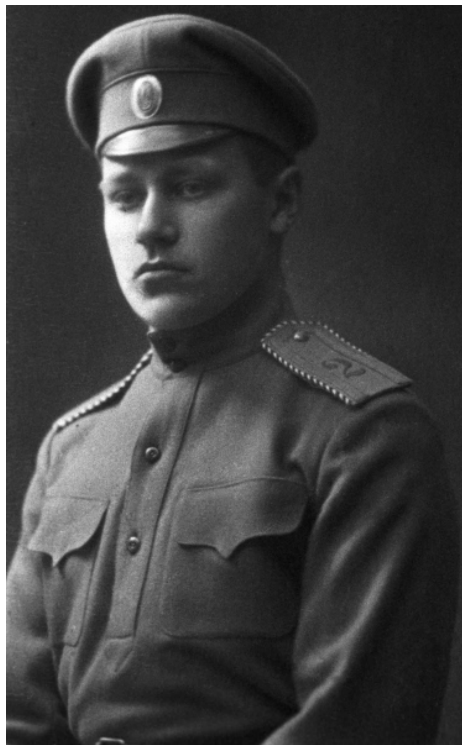
Итак, согласно представлениям Н.А. Умова, с физической точки зрения жизнь есть стройность, а возникновение и дальнейшее развитие жизни на Земле есть процесс самопроизвольного порождения стройности стройностью (размножение упорядоченных состояний) с последующим усилением степени стройности в результате естественного отбора наиболее устойчивых проявлений упорядоченной материи. Данный вывод не вытекает из первого и второго закона термодинамики, и Н.А. Умов назвал его третьим законом, дав следующую формулировку: в природе существуют и действуют способы отбора и сохранения упорядоченных состояний. За прошедшее столетие не были получены какие-либо факты, опровергающие это положение, которое, возможно, следовало бы назвать принципом Н.А. Умова.

*Профессор В.С. Савенко,
Географический факультет МГУ*



**ПРОФЕССОР
АЛЕКСЕЙ АЛЕКСАНДРОВИЧ ПОМЕРАНЦЕВ
НАША ИСТОРИЯ
К 270-ЛЕТИЮ МГУ**

В этом году исполняется 125 лет со дня рождения профессора Алексея Александровича Померанцева. В серии “Выдающиеся Ученые Физического Факультета МГУ” издана книга



А.А. Соловьева “АЛЕКСЕЙ АЛЕКСАНДРОВИЧ ПОМЕРАНЦЕВ”, которая посвящена рассказу о жизни, творчестве и общественной деятельности этого замечательного ученого и педагога, полвека проработавшего на физическом факультете и воспитавшего не одно поколение отечественных физиков. В исторических справочниках А.А. Померанцев значится не только как известный советский ученый и университетский профессор. Десять героических дней его жизни составляют страницы боевой биографии. Это переломные для мировой истории октябрьские дни 1917 года. Он, в те годы молодой офицер, пе-

решел на сторону противников действовавшего режима и возглавил полк, который принимал непосредственное участие в боях за установление власти Советов в Москве.

Алексей Александрович Померанцев родился в 1896 году в Москве в семье врача и принадлежал к старинному и знатному московскому роду. После окончания известной в Москве гимназии в Старокопешенном переулке осенью 1915 года он успешно сдает экзамены в Московский университет и зачисляется на первый курс физико-математического отделения.



Все предвещало планомерные занятия, но в этом же году вышел указ о досрочном призыве студентов университета на военную службу. После подачи рапорта ректору университета он добровольно приостанавливает учебу в университете, и его направляют во 2-ую Московскую школу прапорщиков. Окончив школу, он получает звание прапорщика и назначается ротным командиром 193-го запасного пехотного полка. Грамотный, политически подкованный, не принадлежащий ни к одной партии офицер быстро завоевал доверие солдат полка. И они без колебаний избирают его председателем военно-революционного комитета, который должен отстаивать их интересы. В конце октября 1917 года А. Померанцев направляет солдат полка для охраны губернаторского здания, где располагался штаб вооруженного восстания. Теперь это здание Мосгордумы на Тверской улице. 31 октября 1917 года белогвардейцы перешли в решающее наступление, бросив на подмогу подкрепление казаков. Полк под командованием Померанцева захватывает Провиантские склады и Брянский (ныне Киевский) вокзал. Во время одного из жестоких столкновений в Троицком переулке, соединявшем Пречистенку и Остоженку, Алексей Померанцев получил тяжелое ранение. По случайному стечению обстоятельств в полковых документах осталась запись о том, что он был убит. В 1922 году в столице изменялись названия улиц в честь героев Октябрьской революции. Троицкий переулок был переименован в Померанцев. Об этом решении московских властей в те годы А.А. Померанцев не знал. Лишь спустя много лет, когда в стране готовились к празднованию 40-летия Велико Октябрьской Социалистической революции, обнаружилось, что герой октябрьских событий в Москве жив. Руководство физического факультета направило запрос в Моссовет, с просьбой дать официальный ответ о том, именем какого Померанцева назван бывший Троицкий переулок. Из ответа следовало, что переименование сделано на основании полковых документов в честь бывшего прапорщика 193-го пехотного полка Алексея Александровича Померанцева. А вот почему в документах его имя значилось в числе погибших, Моссовет сведений не имел, и спустя много лет установить это не представлялось возможным. По решению правительства в 1957 году участие А.А. Померанцева в боях за установление Советской власти было отмечено награждением его Орденом Боевого Красного Знамени.

В 1980 году по предложению физического факультета МГУ Моссовет принял решение установить мемориальную доску в начале Померанцева переулка, на которой можно было прочесть: "Переулок назван в 1922 году в память активного участника октябрьских боев 1917 года в Москве Померанцева Алексея Александровича (1896–1979), профессора физического факультета МГУ им М.В. Ломоносова".

С сентября 1922 года А.А. Померанцев возобновляет учебу на физико-математическом факультете Московского университета, который оканчивает в 1925 году. По рекомендации профессора Н.Н. Бухгольца его



оставляют на работе в университете в качестве ассистента кафедры теоретической механики. В 1932 году по приглашению чл. - корр. АН СССР, профессора А.С. Предводителя, основателя кафедры молекулярных и тепловых явлений (ныне кафедра молекулярных процессов и экстремальных состояний вещества), он становится доцентом физического факультета Московского университета по этой кафедре, где работал до последних дней своей жизни. Здесь им создан ряд хорошо известных специалистам курсов лекций по физической газодинамике, теплофизике, механике сплошных сред, которые читались нескольким поколениям студентов физфака. В 1934 году А.А. Померанцеву присуждается ученая степень кандидата физико-математических наук, а в 1940 году он успешно защищает докторскую диссертацию и получает звание профессора.

Педагог Померанцев внес достойную лепту в подготовку отечественных физиков, специализирующихся в области молекулярной физики, физической газодинамики и теплофизики. Многие из них хорошо известны в научных кругах (академик АН БССР Лыков А.В., чл. - корр. РАН Шелкачев В.Н., лауреат Государственной премии СССР, один из авторов ракеты СС-20 профессор Шашков А.А., профессор Мартыненко О.Г. и др.). Плодотворная научная и преподавательская деятельность А.А. Померанцева была отмечена награждением его орденом Ленина.

Известность в научных кругах пришла к нему уже с первой научной работой “К теории и практике вискозиметра Энглера”. Построенная им теория популярного в те годы среди нефтяников прибора для измерения вязкости нефтепродуктов вошла в курсы лекций по нефтепромысловой механике. В дальнейшем, при практических изыскательских работах, определение вязкости нефти вискозиметром Энглера производилось только с помощью формул Померанцева.

Симбиоз гидродинамических и теплофизических проблем подвел А.А. Померанцева к необходимости обобщенной формулировки процесса переноса тепла в телах с внутренними источниками. Особый интерес такого рода явления представляют при изучении тепловыделения в ядерных реакторах. Для физического анализа задачи Померанцев предложил ввести в расчет новый критерий подобия. R_{0T} Он представляет собой меру соотношения количества тепла, выделенного теплоисточником в единицу времени в объеме тела к количеству тепла, передаваемого через единицу поверхности тела в единицу времени. В современной научной литературе безразмерное отношение R_{0T} получило название критерия Померанцева.



Термоупругость является той областью науки, в которой профессор Померанцев оставил наиболее глубокий след. Проблема расчета термонапряжений в твердых телах возникла в связи с аварийными ситуациями на железнодорожном транспорте. При термической обработке рельсов использовались такие условия нагревания и охлаждения, при которых могли возникать внутренние трещины, связанные с перенапряжением материала. Между тем непредсказуемые железнодорожные аварии в 30 -е годы нередко связывались с диверсионными актами. Поэтому проведенные А.А. Померанцевым исследования имели не только научное, прикладное, но и политическое значение. Ему удалось разработать новый метод решения задачи, в основе которого лежит предложенное им нелинейное соотношение термоупругости. При нулевом значении показателя степени приведенной температуры оно совпадает с известной формулой Дюамеля–Неймана, которая применима для неизменного во времени температурного поля. Все, что было создано Померанцевым в его теории рельса, полностью подтвердилось в испытаниях. Это служило достаточным основанием тому, чтобы его расчеты были рекомендованы для внедрения на всех заводах страны, которые занимались производством железнодорожных рельсов. Фундаментальный труд Померанцева по исследованию термоупругих напряжений положил начало теории дислокаций. Последнее направление особенно плодотворно развивается на физическом факультете МГУ и отмечено высокими научными достижениями и мировым признанием.



Научные исследования А.А. Померанцева в области газодинамики включают как феноменологическое, так и молекулярно-кинетическое рассмотрение задачи обтекания стенки потоком разреженного газа. Полученные им решения позволяют точно определять температуру стенки при ее сверхзвуковом обтекании, что и было с успехом использовано на практике. Важным достижением развитых Померанцевым представлений о возникновении скачков уплотнения в сверхзвуковых течениях разреженных газов являются полученные им точные решения о распределении температуры на поверхности стенки и расчеты оплавления и обгорания тел. Расчеты хорошо согласовывались с данными наблюдений высоты, на которой началось сгорание третьего советского искусственного спутника Земли, случившееся в апреле 1960 г.

Профессор физического факультета МГУ А.А. Померанцев вел большую общественно-организационную и историко-методологическую работу. Он работал в редколлегиях ряда научных журналов, в том числе Международного журнала «Тепло- и массоперенос». Под его редакцией вышли из печати широко известные специалистам монографии по теплообмену и газодинамике. В течение многих лет он принимал активное участие в работе ряда научно-технических Советов Академии наук и отраслевых министерств, работал экспертом Высшей Аттестационной Комиссии.

Исторические оценки творчества ученых складываются по-разному. Тех, кто сумел сделать одну единственную, но фундаментальную работу, нередко надолго забывают и по достоинству оценивают лишь по прошествии многих лет. Тех же, кто сделал фундаментальные научные открытия, значение которых ясно научной обществу, еще при жизни причисляют к классикам. Число первых и вторых невелико в научном мире. Большинство в науке ученых, которые длительно, систематично и преданно разрабатывают научные проблемы, создавая новые творческие решения и формируя вокруг себя единомышленников и учеников. Именно к таким исследователям следует отнести доктора физико-математических наук, профессора физического факультета МГУ выдающегося советского физика — Алексея Александровича Померанцева.

Профессор А.А. Соловьев

Примечание Главного редактора.

А.А. Померанцев похоронен в фамильном склепе Донского монастыря. До 2014 за погребением присматривала его дочь Наталия (1933-2014). В 2015 году семейное надгробие Померанцевых было обновлено, при этом имя Алексея Александровича Померанцева было изъято из списка погребенных (?). Вероятно, скоро и переулку Померанцева вернут одно из его прежних названий.



**ПАМЯТИ
АЛЕКСАНДРА ВЛАДИМИРОВИЧА КЕССЕНИХА
(1932-2021)**



15 сентября этого года умер Александр Владимирович Кессених. Александр Владимирович сыграл очень большую роль в истории физического факультета МГУ. Он был одним из участников знаменитой IV конференции ВЛКСМ физфака 1953 г. Эта конференция и письмо, отправленное её делегатами в ЦК КПСС, во многом определили последующую судьбу физического факультета и его современный облик. В результате этих действий деканом факультета стал Василий Степанович Фурсов, на факультет пришли или вернулись И.Е. Тамм, Л.Д. Ландау, Л.А. Арцимович, М.А. Леонтович и многие другие выдающиеся физики, портреты которых и сейчас украшают стены нашего факультета, а сам физфак вошёл в число наиболее сильных учебных учреждений мира в области современной физики. А.В. Кессених был среди самых активных

участников этой конференции — одним из авторов письма (вместе с Ю.А. Трояном, В.Б. Розановым, В.Г. Гришиным и В.Г. Неудачиным) [1].

Физфак славился не только своей наукой и образованием. В середине 1950-х гг. на факультете начинается расцвет «физического искусства». В 1954 г. была написана и поставлена в самом начале 1955 г. в ДК МГУ на выпускном вечере курса первая опера физфака — «Дубинушка». А.В. Кессених был автором либретто этой оперы. С его же участием (которое она сам охарактеризовал как «эксперт по сюжетам и текстам») была написана и вторая опера, «Серый камень» [2]. Третья, самая знаменитая опера физфака «Архимед» была написана В. Канером и В. Миляевым, однако и она не обошлась без редакции А.В. [3]. Участвовал он и в создании последней оперы — «Летите, голуби, летите!» И сами «физические оперы», и праздник «День Архимеда» стали образцом для студенчества и мгновенно распространились по университетам страны [4].



На празднике 25-летия оперы «Дубинушки» в клубе ИАЭ. Творцы опер и их «покровители». Слева направо: Юрий Гапонов — главный редактор музыкального сопровождения и классических сюжетов для оперы «Серый камень», режиссер и многолетний организатор коллектива «Архимед» при клубе ИАЭ. Степан Солуян — режиссер первых массовых постановок всех главных опер физфака. Александр Кессених — автор стихотворных и других текстов в «Дубинушке», «Сером камне» и некоторых вставных текстов в «Архимеде». Вячеслав Письменный — секретарь бюро ВЛКСМ физфака в 1957–1958 гг., когда был впервые поставлен «Серый камень». Юрий Днестровский — секретарь бюро ВЛКСМ физфака в 1955–1956 гг.



Свою научную судьбу Александр Владимирович ещё с первых своих шагов в науке связал с совсем недавно открытым явлением ядерного магнитного резонанса (ЯМР). Свою специализацию в этой области он начал с дипломной работы на кафедре радиофизики СВЧ, руководимой С.Д. Гвоздовером, затем продолжил её в аспирантуре у Е.И. Кондорского. Метод ЯМР в начале 1960-х гг. стремительно входил в практику химических исследований, и в течение последующих почти трёх десятилетий Александр Владимирович проработал в химических институтах: в Научно-исследовательском физико-химическом институте имени Л.Я. Карпова, в Институте общей химии имени Н.Д. Зелинского, в Институте химических реактивов и особо чистых химических веществ, в Институте элементоорганических соединений Российской академии наук имени А.Н. Несмеянова [5]. Его научные интересы включали динамические и химические индуцированную поляризацию ядерных спинов, двойные ядерно-ядерные резонансы, механизмы парамагнитной релаксации, и, разумеется, структурно-химические приложения ядерного магнитного резонанса.

С конца 1990-х гг. А.В. Кессених стал работать в области истории физики. В частности, им было много написано и об истории его родного физического факультета — как о научных направлениях, развивавшихся на факультете, так и о его социальной истории. Поистине огромный вклад он внёс в создание истории отечественных исследований в области ЯМР. По сути, его работы составляют энциклопедию этой истории. Мне посчастливилось работать вместе с А.В. над его последней книгой [6], которая фактически стала публикацией его гигантского труда — базы данных по литературе в области магнитного резонанса, которую он готовил многие годы. После этой работы им было написано ещё несколько статей, и, будучи этому свидетелем, я всегда поражался его работоспособности, по которой, как мне казалось, он часто превосходил моих энергичных ровесников.

Александр Владимирович Кессених не дожил несколько месяцев до своего 90-летия. Свидетель истории, её творец и летописец одновременно. Кажется, что с ним закончилась и некоторая страница этой истории.

Литература:

1. Гапонов Ю.В., Ковалёва С.К., Кессених А.В. Студенческие выступления 1953 г. на физическом факультете МГУ как социальное эхо атомного проекта// История советского атомного проекта: документы, воспоминания, исследования. Вып. 2. Отв. ред. В.П. Визгин. Сост. В.П. Визгин и И.С. Дровеников. — СПб.: Изд. РХГИ. 2002. С. 519 – 544.



<http://old.ihst.ru/projects/sohist/papers/gkk02ap.htm>

2. Кессених А.В. Оперы физфака / Советский физик, 2013, №6(103). [https://www.phys.msu.ru/rus/about/sovphys/ISSUES-2013/06\(103\)-2013/19658/](https://www.phys.msu.ru/rus/about/sovphys/ISSUES-2013/06(103)-2013/19658/)
3. Канер В.В. Шизики футят. — М.: Фонд Байтик. Интерпринт. 1994.
4. Гапонов Ю.В. Традиции “физического искусства” в российском физическом сообществе 1950–1990 х годов / Вопросы истории естествознания и техники, 2003, №12. <http://vivovoco.ibmh.msk.su/VV/JOURNAL/VIET/PHYSLIT.HTM>
5. Кессених А.В. Физик на службе у химиков // Исследования по истории физики и механики. 2009–2010. Отв. ред. Г.М. Идлис. — М.: Физматлит. 2010. С. 300–348.
6. Кессених А.В., Птушенко В.В. Магнитный резонанс в интерьере века: биографии и публикации. — М.: Физматлит, 2019. www.rfbr.ru/rffi/ru/books/o_2092940.

В.В. Птушенко

Примечание Главного редактора: Отец А.В. Кессениха - доктор физмат наук, проректор Томского университета Владимир Николаевич Кессених добровольно вступил

в Красную Армию в июле 1941 г. В 1943—1952 годах служил в Центральном научно-исследовательском испытательном институте связи Советской Армии (полковник). Одновременно с 1944 года работал на физическом факультете МГУ: в 1944—1946 годах — профессор кафедры колебаний; в 1946—1952 годах — заведующий кафедрой распространения радиоволн; в 1948 г. исполнял обязанности декана физического факультета МГУ.

«То состояние здоровья, считая себе вполне пригодным к военной службе. В данный момент работа по моей специальности (радиотехника и радиосвязь) более нужна на фронте. За последние годы, в особенности после утверждения меня в звании военного инженера II ранга я старался как следует подготовиться к службе в рядах РККА. Сейчас в момент нападения на Советский Союз фашистов я не вижу другой цели в жизни кроме защиты нашей родины. Готову направить меня в действующую армию»

17.7.41.

В. Кессених?



СОДЕРЖАНИЕ

ДОРОГОЙ ЧИТАТЕЛЬ.....	3
№1(147)	
ПОЗДРАВЛЕНИЕ ДЕКАНА ФИЗИЧЕСКОГО ФАКУЛЬТЕТА ПРОФЕССОРА Н.Н. СЫСОЕВА С 8 МАРТА	5
ПРОВЕРКА НА ПРОЧНОСТЬ – НЕКОТОРЫЕ ИТОГИ 2020 ГОДА	6
АЛЕКСЕЙ РЕМОВИЧ ХОХЛОВ НАГРАЖДЕН ОРДЕНОМ ПОЧЕТА	16
ВЛАДИМИР АЛЕКСАНДРОВИЧ КАРАВАЕВ УДОСТОЕН ЗВАНИЕМ «ЗАСЛУЖЕННЫЙ РАБОТНИК ВЫСШЕЙ ШКОЛЫ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ»	17
ЗАВЕДУЮЩИЙ КАФЕДРОЙ ФИЗИКИ УСКОРИТЕЛЕЙ И РАДИАЦИОННОЙ МЕДИЦИНЫ ПРОФЕССОР АЛЕКСАНДР ПЕТРОВИЧ ЧЕРНЯЕВ — ЛАУРЕАТ ПРЕМИИ ИМ. М.В. ЛОМОНОСОВА ЗА ПЕДАГОГИЧЕСКУЮ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ.....	18
СТИПЕНДИИ МГУ МОЛОДЫМ СОТРУДНИКАМ, АСПИРАНТАМ И СТУДЕНТАМ В 2021 ГОДУ	19
ПРЕМИИ ПРАВИТЕЛЬСТВА МОСКВЫ МОЛОДЫМ УЧЁНЫМ ЗА 2020 ГОД.....	20
ПОЗДРАВЛЯЕМ НАШИХ КОЛЛЕГ, ПОЛУЧИВШИХ В 2020 ГОДУ ПОЧЕТНЫЕ ЗВАНИЯ МОСКОВСКОГО УНИВЕРСИТЕТА!	21
НАЧАЛО СТРОИТЕЛЬСТВА ИННОВАЦИОННОГО НАУЧНО- ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ЦЕНТРА МГУ «ВОРОБЬЁВЫ ГОРЫ».....	21
ЗДАНИЯ МГУ СОЕДИНИТ КВАНТОВАЯ СЕТЬ.....	23



В УЧЕНОМ СОВЕТЕ ФАКУЛЬТЕТА	25
КВАНТОВАЯ ОПТИКА В ТЕРАГЕРЦОВОМ ДИАПАЗОНЕ ЧАСТОТ	26
КИНЕТИКА ПОГЛОЩЕНИЯ ВОДОРОДА ИЗ ГАЗОВОЙ ФАЗЫ ДИФФУЗИОННЫМИ ФИЛЬТРАМИ– МЕМБРАНАМИ НА ОСНОВЕ ПАЛЛАДИЯ	32
ИМПАКТ ФАКТОР И БИЗНЕС	36
ЗАЩИТНИК МОСКВЫ КИРИЛЛ ИВАНОВИЧ ЩЁЛКИН	38
РУССКИЕ СПАСЛИ ЦИВИЛИЗАЦИЮ	44
МИХАИЛ ИГОРЕВИЧ ПАНАСЮК	55
ПАМЯТИ ВЛАДИСЛАВА РУСТЕМОВИЧА ХАЛИЛОВА	59

№2(148)

ПОЗДРАВЛЕНИЕ ПРОФЕССОРА Н.Н. СЫСОЕВА, ДЕКАНА ФИЗИЧЕСКОГО ФАКУЛЬТЕТА МГУ, С ДНЁМ ПОБЕДЫ	63
ДОЙДЕМ ДО БЕРЛИНА	66
УЧЁНЫЕ МГУ ПРИЗНАНЫ САМЫМИ ВЫСОКОЦИТИРУЕМЫ- МИ СОГЛАСНО ДАННЫМ ELSEVIER	69
ОСНОВАНИЯ ФУНДАМЕНТАЛЬНОЙ ФИЗИКИ КАК АКТУАЛЬНАЯ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКАЯ ПРОБЛЕМА	71
УДИВИТЕЛЬНЫЙ И ЗАВОРАЖИВАЮЩИЙ НЕКЛАССИЧЕСКИЙ СЖАТЫЙ СВЕТ	75
УПРАВЛЕНИЕ СОСТОЯНИЯМИ В СВЕРХПРОВОДНИКОВЫХ КВАНТОВЫХ ПРОЦЕССОРАХ: ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ	84
ГИДРОДИНАМИКА И КОМПЬЮТЕРНАЯ ОБРАБОТКА ИЗОБРАЖЕНИЙ	90
КАФЕДРА АКУСТИКИ – 2020	94



НЕБЕСНЫЕ МАГНИТЫ ИЛИ КАК Я БОРОЛСЯ С КОРОНАВИРУСОМ	100
РАБОТА СО ШКОЛЬНИКАМИ В УСЛОВИЯХ ЭПИДЕМИИ	104
К 90-ЛЕТИЮ СО ДНЯ РОЖДЕНИЯ ЛЕОНИДА ВЕНИАМИНОВИЧА КЕЛДЫША	109
НИКОЛАЙ АЛЕКСЕЕВИЧ УМОВ.....	113
МАГАРИТА АРСЕНЬЕВНА ЗНАМЕНСКАЯ: ЕЕ ЖИЗНЬ И ЕЕ БИБЛИОТЕКИ	117
ЕСТЬ ПРОРОКИ В СВОЕМ ОТЕЧЕСТВЕ!.....	121
СЕВАСТОПОЛЬСКИЕ РАССКАЗЫ.....	124

№3(149)

ПОЗДРАВЛЕНИЕ ПРОФЕССОРА Н.Н. СЫСОЕВА, ДЕКАНА ФИЗИЧЕСКОГО ФАКУЛЬТЕТА МГУ, ВЫПУСКНИКОВ 2021 Г.	130
ВЫСТУПЛЕНИЕ ПРЕЗИДЕНТА РОССИИ НА ВОЕННОМ ПАРА- ДЕ 9 МАЯ 2021 ГОДА	131
МГУ — РОССИЙСКИЙ ЛИДЕР ШАНХАЙСКОГО ПРЕДМЕТНО- ГО РЕЙТИНГА УНИВЕРСИТЕТОВ.....	133
ФИЗИКИ МГУ СОЗДАЛИ НАНОЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКУЮ СИСТЕМУ ДЛЯ ЗАХВАТА КВАНТОВОГО ВИХРЯ.....	134
ЛАЗЕРНАЯ БИОФОТОНИКА НА КАФЕДРЕ ОБЩЕЙ ФИЗИКИ И ВОЛНОВЫХ ПРОЦЕССОВ.....	136
НОВЫЕ ДАННЫЕ О СТАРОЙ БИОФИЗИЧЕСКОЙ ПРОБЛЕМЕ: НЕСТРУКТУРИРОВАННЫЕ ДОМЕНЫ БЕЛКОВ ТУБУЛИНОВ МОДУЛИРУЮТ СБОРКУ ЦИТОСКЕЛЕТНЫХ МИКРОТРУБОЧЕК	143
КОНКУРС «УМНИК-2020»	146



ВЫПУСКНИК ФИЗФАКА АНДРЕЙ ДМИТРИЕВИЧ САХАРОВ.....	151
К 110-ЛЕТИЮ СО ДНЯ РОЖДЕНИЯ АРСЕНИЯ АЛЕКСАНДРОВИЧА СОКОЛОВА.....	158
ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПРОФСОЮЗНОЙ ОРГАНИЗАЦИИ ФИЗИЧЕСКОГО ФАКУЛЬТЕТА ПО УЛУЧШЕНИЮ СИСТЕМЫ СТИМУЛИРУЮЩИХ ВЫПЛАТ В МГУ	162
ТРАДИЦИИ И ИННОВАЦИИ В СИСТЕМЕ ПОДГОТОВКИ УЧИТЕЛЕЙ ФИЗИКИ.....	164
ПРАВНУКИ МИХАИЛА ВАСИЛЬЕВИЧА ЛОМОНОСОВА	170
КАК МЕНЯ ВЫЗВАЛИ НА КСД.....	175
ВЕСНА НА ФИЗИЧЕСКОМ ФАКУЛЬТЕТЕ	177
ПАМЯТИ АЛЕКСАНДРА СЕРГЕЕВИЧА ИЛЮШИНА.....	108

№4(150)

ПОЗДРАВЛЕНИЕ ПРОФЕССОРА Н.Н. СЫСОЕВА, ДЕКАНА ФИЗИЧЕСКОГО ФАКУЛЬТЕТА МГУ, С НОВЫМ УЧЕБНЫМ ГОДОМ.....	185
СТАРТ СТРОИТЕЛЬСТВА НОВЫХ КЛАСТЕРОВ НАУЧНО- ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ДОЛИНЫ МГУ	186
МГУ — ЛИДЕР МИРОВОГО РЕЙТИНГА НАУЧНОГО ЦИТИРОВАНИЯ NATURE INDEX RANKING 2021 СРЕДИ РОССИЙСКИХ ВУЗОВ	189
ПРОТИВОВИРУСНАЯ АДсорбЦИОННАЯ АКТИВНОСТЬ НАНОЧАСТИЦ ПОРИСТОГО КРЕМНИЯ	190
МЕЗОСКОПИЧЕСКОЕ НЕСООТВЕТСТВИЕ — НОВЫЙ ВЗГЛЯД НА ЭПИТАКСИЮ НАНОСТРУКТУР	193
ГРУППА ПЛАЗМЕННЫХ И ИОННО-ПУЧКОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ	203



ПЕРСПЕКТИВНЫЕ СХЕМЫ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ РАКЕТНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ НА ОСНОВЕ ВЫСОКОЧАСТОТНОГО РАЗРЯДА	207
ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИЙ АСПЕКТ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ.....	211
К 150-ЛЕТИЮ ЭРНЕСТА РЕЗЕРФОРДА	217
ПРОБЛЕМЫ ДИНАМИЧЕСКОЙ ТЕОРИИ В СТАТИСТИЧЕСКОЙ ФИЗИКЕ	223
К 100-ЛЕТИЮ СО ДНЯ РОЖДЕНИЯ С.В. ТЯБЛИКОВА.....	226
ЭМИЛИ ДЮ ШАТЛЕ ИЛИ ОПЫТ ЛЕТНЕГО ЧТЕНИЯ	233
КАК ЖИЛИ СОЗДАТЕЛИ СОВЕТСКОГО АТОМНОГО ОРУЖИЯ	237
СВОИ ЛЮДИ	246
О ВНЕСЕНИИ ИЗМЕНЕНИЙ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ ЗАКОНОДАТЕЛЬСТВО РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ В ЧАСТИ ПОДГОТОВКИ НАУЧНО-ПЕДАГОГИЧЕСКИХ КАДРОВ В АСПИРАНТУРЕ	250
К ВЫХОДУ СТОПАТИДЕСЯТОГО НОМЕРА ГАЗЕТЫ «СОВЕТСКИЙ ФИЗИК», ВЫПУЩЕННОГО ДЕЙСТВУЮЩИМ СОСТАВОМ РЕДАКЦИИ.....	255

№5(151)

ПОЗДРАВЛЕНИЕ ДЕКАНА ФИЗИЧЕСКОГО ФАКУЛЬТЕТА МГУ Н.Н. СЫСОЕВА С ДНЕМ НАРОДНОГО ЕДИНСТВА.....	260
МГУ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНО УЛУЧШАЕТ ПОЗИЦИИ В МИРОВЫХ РЕЙТИНГАХ ВУЗОВ	261
БУДУЩЕЕ РОССИЙСКОЙ НАУКИ СОЗДАЕТСЯ В МГУ СЕГОДНЯ.....	265
ИННОВАЦИОННЫЙ НАУЧНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ЦЕНТР МГУ «ВОРОБЬЕВЫ ГОРЫ».....	269



МИХАИЛ ВАЛЕНТИНОВИЧ КОВАЛЬЧУК (К 75-ЛЕТИЮ СО ДНЯ РОЖДЕНИЯ)	271
К 80-ЛЕТИЮ ВЛАДИМИРА ЧЕСЛАВОВИЧА ЖУКОВСКОГО	277
БИОЭНЕРГЕТИКА, ФОТОСИНТЕЗ И МОЛЕКУЛЯРНЫЕ МАШИНЫ ЖИВОЙ КЛЕТКИ	279
ФИЗИКИ МГУ «НАУЧИЛИ» КРЕМНИЕВЫЕ МИКРОСХЕМЫ ЭФФЕКТИВНО ВЗАИМОДЕЙСТВОВАТЬ СО СВЕТОМ	287
НЕЙТРИНО НА XXIV ПЕТЕРБУРГСКОМ МЕЖДУНАРОДНОМ ЭКОНОМИЧЕСКОМ ФОРУМЕ	288
РЕЛЯТИВИСТСКАЯ НЕЛИНЕЙНАЯ ЛАЗЕРНО-ПЛАЗМЕННАЯ ФИЗИКА НА КАФЕДРЕ ОБЩЕЙ ФИЗИКИ И ВОЛНОВЫХ ПРОЦЕССОВ	291
СТУДЕНЧЕСКИЙ СЕНТЯБРЬ	297
СЛОВО О ПОЭТЕ. К 80-ЛЕТИЮ СЕРГЕЯ КРЫЛОВА	300
О ВЛКСМ	303
ЭПИЗОДЫ БОЛЬШОЙ ЖИЗНИ (К 110-ЛЕТИЮ СО ДНЯ РОЖДЕ- НИЯ АКАДЕМИКА В. В. МИГУЛИНА)	305
БОРИС ЮЛИАНОВИЧ ТЕРЛЕЦКИЙ (29.05.1934 – 6.06.2021)	314

№6(152)

ПОЗДРАВЛЕНИЕ ДЕКАНА ФИЗИЧЕСКОГО ФАКУЛЬТЕТА МГУ ПРОФЕССОРА Н.Н. СЫСОЕВА С НОВЫМ ГОДОМ	318
ДВОЙНОЙ ЮБИЛЕЙ У АСТРОНОМОВ МГУ	319
ФИЗИКИ МГУ НАУЧИЛИСЬ УПРАВЛЯТЬ РАЗМЕРАМИ МИКРОГЕЛЕЙ С ПОМОЩЬЮ СВЕТА	333
КВАНТОВЫЕ ВЫЧИСЛЕНИЯ НА ПРАКТИКЕ: КОНКУРС ОТ РКЦ И РОСАТОМА	335
РОЛЬ КОСМИЧЕСКОЙ НАУКИ В СТРАТЕГИЧЕСКОМ РАЗВИТИИ СТРАНЫ	341



К 100-ЛЕТИЮ СО ДНЯ РОЖДЕНИЯ ИГОРЯ МИХАЙЛОВИЧА ТЕРНОВА.....	348
ЛЕВ АЛЕКСАНДРОВИЧ БЛЮМЕНФЕЛЬД.....	354
К 60-ЛЕТИЮ ИСПЫТАНИЯ ЦАРЬ-БОМБЫ.....	359
ЛЕНИНГРАД ОБВИНЯЕТ	369
УМОВ – ОСНОВОПОЛОЖНИК ФИЗИЧЕСКИХ ОСНОВ ЭКОЛОГИИ.....	378
ПРОФЕССОР АЛЕКСЕЙ АЛЕКСАНДРОВИЧ ПОМЕРАНЦЕВ.....	383
ПАМЯТИ АЛЕКСАНДРА ВЛАДИМИРОВИЧА КЕССЕНИХА.....	388

Научно-популярное издание

ЕЖЕГОДНИК ГАЗЕТЫ «СОВЕТСКИЙ ФИЗИК».
2022 ГОД
По материалам газеты «Советский физик»

Под редакцией К.В. Показеева
Корректор Савина М.К.

Подписано в печать 23.05.2022
Формат А5. Усл. печ. л. 25.

Физический факультет МГУ имени М.В. Ломоносова
119991, ГСП-1, г. Москва, Ленинский горы, д. 1, стр. 2