

# МОДУЛЬ

## Чистая комната

На Физическом факультете МГУ имени М.В. Ломоносова состоялось открытие первой очереди Учебно-методического центра литографии и микроскопии, созданного на базе лаборатории «Криоэлектроника» и кафедры полупроводников в рамках выполнения Соглашения о сотрудничестве между Физическим факультетом МГУ, ООО «ОПТЭК» и концерном Carl Zeiss Microscopy GmbH.



Учебно-методический центр литографии и микроскопии — первый совместный проект МГУ имени М.В. Ломоносова и концерна Carl Zeiss — лидера в области электронной микроскопии. Сотрудничество ОПТЭК, Carl Zeiss и Московского университета началось в 2014 году, когда было подписано Соглашение о сотрудничестве и принято решение о создании Центра. Это первая лаборатория в стенах Физического факультета, где оборудована и сертифицирована чистая комната, созданы все условия не только для научной работы, но и для изготовления прототипов устройств современной нанoeлектроники, — сказал в своем выступлении профессор Николай Николаевич Сысоев, декан Физического факультета МГУ.



Центр является первым в Московском университете с помещениями, сертифицированными по классам чистоты для работ в области нанoeлектроники. Полученный при создании Центра опыт будет применен при реализации проекта научно-технологической долины «Воробьевы горы». В настоящее время ведется большая работа по созданию и комплектации рабочих мест Центра.



Заведующий кафедрой полупроводников профессор О.В. Смирнов

## «Ломоносов» в космосе!

Спутник «Ломоносов», запущенный 28 апреля 2016 г. с нового российского космодрома «Восточный» на солнечно-синхронную орбиту высотой около 500 км, уже более 5-ти месяцев передает на Землю научную информацию.

Разработчики и постановщики экспериментов из Московского университета со своими коллегами из других организаций в качестве основных научных целей проекта выбрали амбициозные научные задачи по изучению экстремальных явлений в нашей Вселенной. Все они — предмет интенсивных научных исследований и образовательного процесса в Московском университете. Среди них: исследование заряженных частиц наиболее высоких энергий существующих в природе, — космических лучей предельно высоких энергий (КЛПВЭ); — с энергиями более  $10^{19}$  эВ, гамма-всплесков — явлений в ранней Вселенной, связанных с наиболее мощным высвобождением энергии в астрофизических процессах, а также изучение природы воздействия энергичных частиц в околоспутном космическом пространстве на земную атмосферу. На борту спутника разработчики установили также прибор, позволяющий смоделировать коррекцию зрительного аппарата человека в экстремальных условиях космоса — практическом отсутствии гравитации.

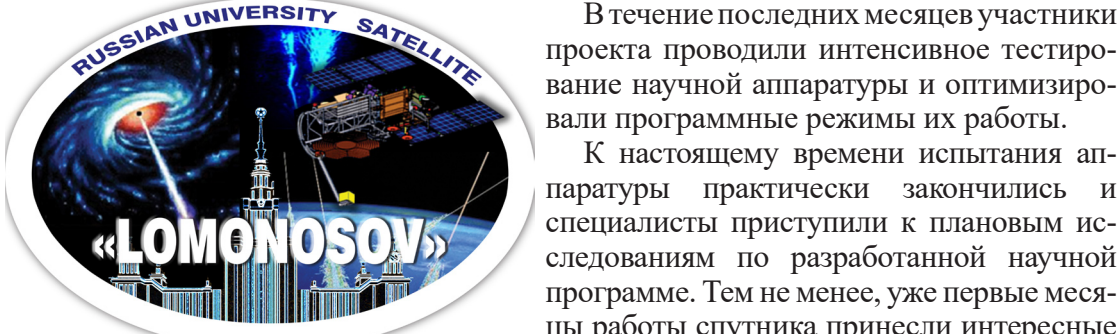
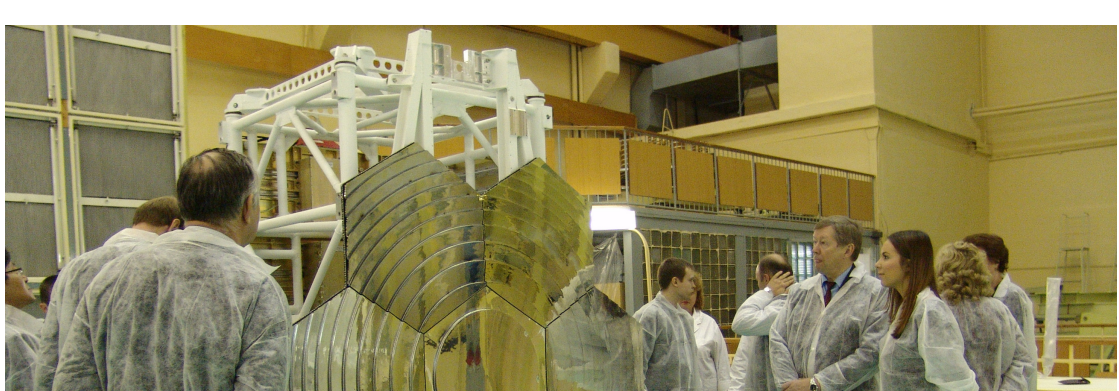


Рис. 1. Эмблема космического проекта МГУ «Ломоносов»

В течение последних месяцев участники проекта проводили интенсивное тестирование научной аппаратуры и оптимизировали программные режимы их работы. К настоящему времени испытания аппаратуры практически закончились и специалисты приступили к главному исследованию по разработке научной программы. Тем не менее, уже первые месяцы работы спутника принесли интересные и значимые научные результаты, которые станут основой для планирования будущих экспериментов на этом спутнике.



В чистых помещениях центра установлено современное оборудование для прецизионной электронной литографии микроскопии: растровый электронный микроскоп ZEISS SUPRA 40 в комплексе с электронной-литографической системой RAITH EPL70, на арборции впервые в России находился электронный микроскоп ZEISS GeminiSEM 300 и материаловедческий стереомикроскоп Zeiss Stemi.

«Мы сделали шаг, который будет способствовать развитию международных контактов и обмену научной информацией. Наше партнерство поможет ученым МГУ проводить исследования на самом высоком уровне, а концерн ZEISS создавать и улучшать свои технологии, и первые результаты работы центра это подтверждают», — сказал в своем выступлении Максим Семёнович Иглицкий, управляющий группы компаний ОПТЭК.



Рис. 3. Космический аппарат «Ломоносов» перед отправкой на космодром



Рис. 4. На космодроме «Восточный» перед пуском



Рис. 5. Команда МГУ на космодроме «Восточный»

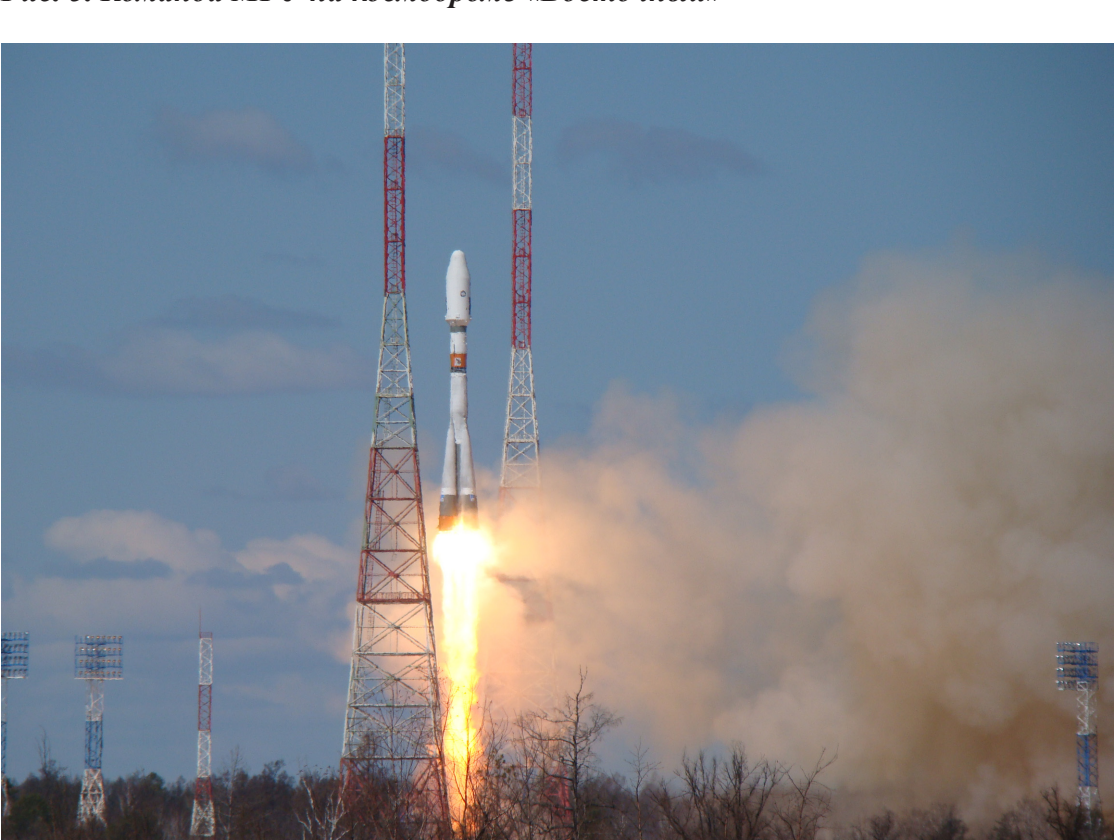


Рис. 6. Старт ракеты «Союз» со спутником «Ломоносов» на космодроме «Восточный»



Рис. 7. Космодром «Восточный»: после удачного старта 28.04. 2016 г.

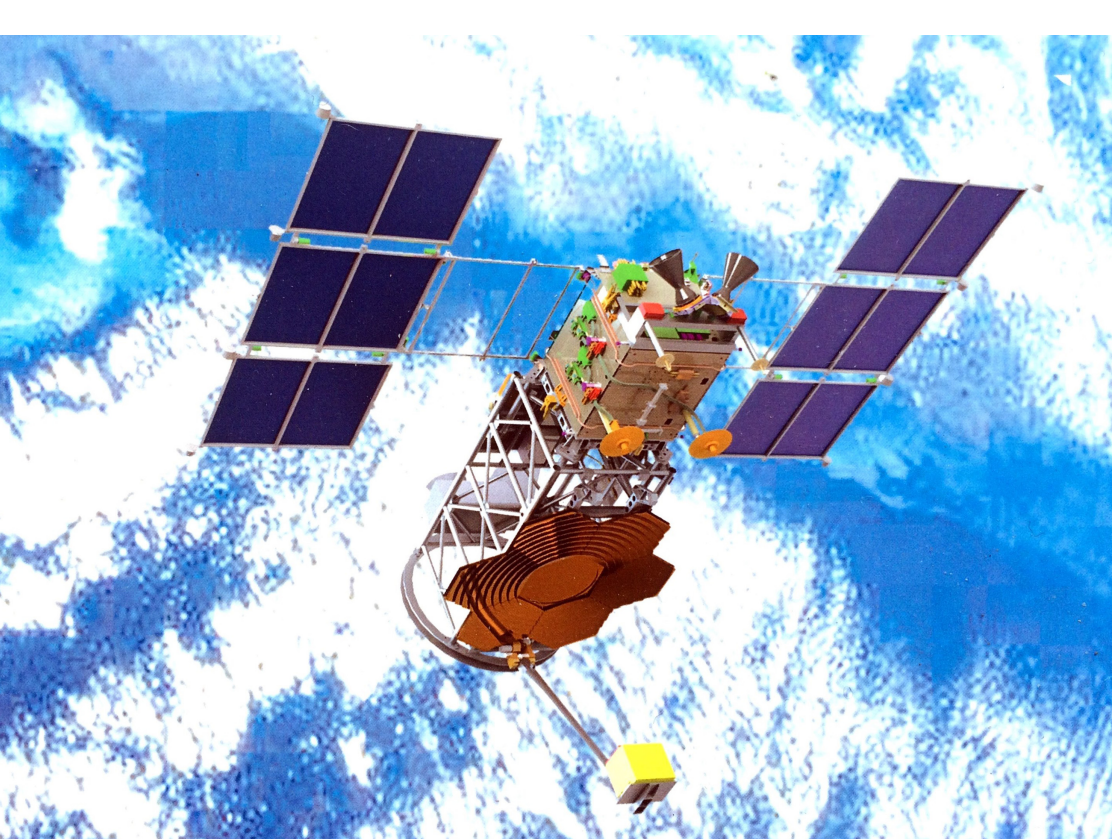


Рис. 8. Спутник «Ломоносов» в полете

## Исследования космических лучей предельно-высоких энергий и транзитных световых явлений в верхней атмосфере Земли

Орбитальный телескоп ТУС (Трековая Установка), на «Ломоносов» является первым в мире инструментом, предназначенным для регистрации световых треков КЛПВЭ в атмосфере Земли с борта космического аппарата. Он регистрирует в атмосфере Земли «следы» космических частиц — их быстрые ультрафиолетовые (УФ) вспышки, возникающие при взаимодействии каскада вторичных частиц КЛПВЭ атомов воздуха на высотах в десятки километров. Актуальность изучения КЛПВЭ — самых высокоэнергичных заряженных частиц во Вселенной, связана с тем, что специалистами пока не в полной мере выяснена сама природа этих уникальных частиц. Дело в том, что еще 50 лет назад известные физики Грейзен, Зенитин и Кузьмин теоретически предсказали (академик Г.Т. Зенитин был профессором МГУ и авиационным кафедрой физики космоса физического факультета), что эти частицы, зародившись вне пределов нашей Галактики, не могут достичь нашей планеты вследствие так называемого эффекта обрезания их полета (ГЭК — обрезание) на рекомбованном излучении Вселенной, образовавшемся после Большого взрыва. Названные установки по изучению космических лучей несколько лет назад действительно зарегистрированы положе на ГЭК — эффект уменьшения интенсивности таких частиц. Но в силу очень малой статистики событий (так, при энергии  $10^{19}$  эВ на Землю «падает» 1 частица на 1 кв. км в год!) пока не удалось сделать окончательный вывод о том, является ли наблюдаемый эффект действительно ГЭК — обрезанием.

По сути, орбитальный телескоп ТУС на «Ломоносов» использует атмосферу нашей планеты в качестве гигантской мишени, в которой происходит процесс взаимодействия КЛПВЭ. Тем самым удается значительно увеличить эффективную площадь обзора (по сравнению, например, с наземным установками). Кроме выполнения этой задачи, направленной в надир телескоп ТУС на «Ломоносов», способен фиксировать и другие разнообразные быстрые атмосферные процессы, проявляющиеся в УФ излучении. Среди них — как широко известные молниевые разряды, так и мало изученные до сих пор так называемые транзитные световые явления (спрайты, эльфы, синие джеты, гигантские джеты и пр.). Уже первые выборочные измерения на «Ломоносов» в тестовом режиме позволили накопить достаточно большой объем полезной информации как по атмосферным явлениям, так и по работе самого прибора на борту спутника.

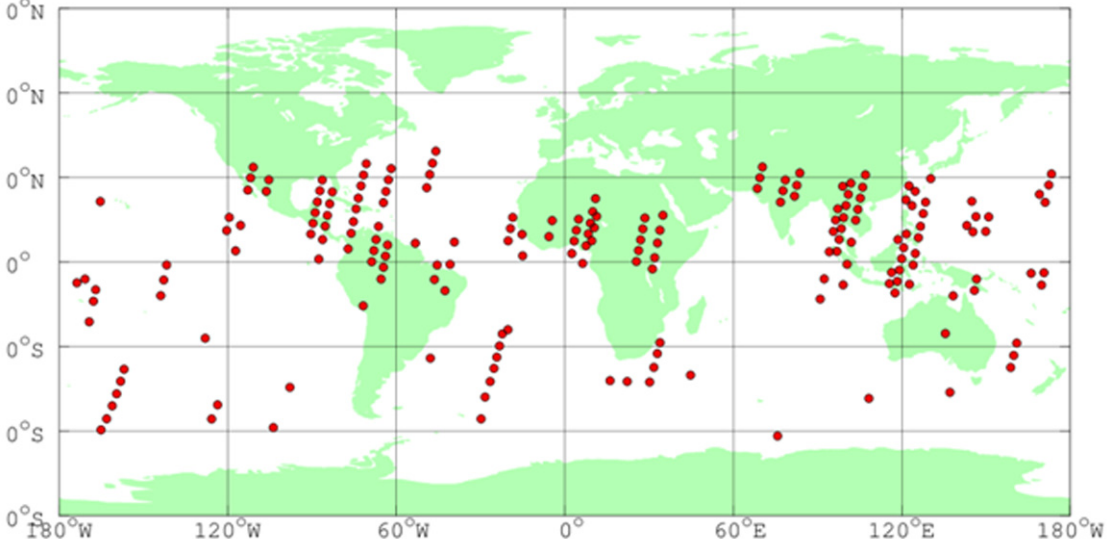


Рис. 9. Карта событий транзитного УФ-свечения в атмосфере Земли по данным первых трех месяцев работы телескопа ТУС

В одном из режимов работы телескопа ТУС удалось зарегистрировать мощные УФ-вспышки в атмосфере Земли, происходящие от нескольких единиц до ста миллизисекунд. Как правило, миготки их связаны с грозовыми облаками на средних и низких широтах и дают одновременный сигнал во всем поле зрения прибора вследствие рассеяния излучаемого свечения в облака (рис. 9).

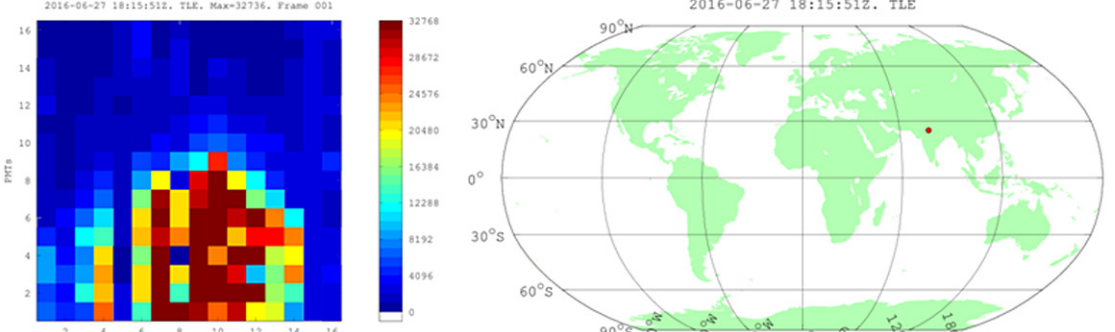


Рис. 10. Примеры УФ-вспышек в атмосфере Земли со сложной пространственно-временной структурой (слева), их географическое положение (справа)

Подобного рода ультрафиолетовые вспышки в атмосфере Земли, являясь, с одной стороны, незаменимым «фоном» при выполнении основной задачи телескопа ТУС — регистрации КЛПВЭ, представляют, тем не менее, отдельную физическую цель проводимого эксперимента — выяснение их физической природы.

## Исследования астрофизических гамма-всплесков

При гамма-всплесках выделяется огромная энергия — свыше  $10^{51}$  эрг/с. Это примерно столько же, сколько при взрыве сверхновой звезды, но за одну секунду. Природа гамма-всплесков (взрыв с ускорением КЛПВЭ) остается одной из загадок современной астрофизики. Считается, что их источник находится на очень далеких, так называемых космологических расстояниях, и связаны с коллапсом массивных звезд. Для понимания природы гамма-всплесков очень важны одно-временные наблюдения в оптическом и гамма-диапазонах. До сих пор удавалось регистрировать в основном лишь оптическое «послесвечение», то есть отклик межзвездной среды на проходящую через нее ударную волну, возникающую во время космического взрыва. «Поймать» оптическое излучение непосредственно в момент самого гамма-всплеска необычайно трудно, поскольку заранее неизвестно, из какой области Вселенной придет сигнал.

«Ломоносов» — первая российская многоканальная обсерватория, способная регистрировать излучение объектов от гамма-диапазона до оптического. Для этого на «Ломоносов» установлены приборы, позволяющие измерять эмиссию излучений этих необычных явлений в широком диапазоне длин волн.

Прежде всего, это — гамма-спектрометр БДРГ (Блок Детекторов Рентген-Гамма), обеспечивающей регистрацию гамма-излучения с высокой временной разрешением и чувствительностью. При этом БДРГ выдает специальный триггерный сигнал на оптические широкополосные мини-телескопы ШОК (Широкополосные Оптические Камеры), по которому осуществляется запоминание оптического изображения области неба, где произошел всплеск. Кроме того, этот прибор позволяет определить местоположение на небе источника гамма-всплеска и оперативно передать информацию в мировую сеть для наведения на эту область наземных телескопов.

На сегодняшний день с помощью БДРГ зарегистрировано девять космических гамма-всплесков космологической природы, а также пять гамма-всплесков от магнетара SGR (Soft Gamma Repeater)1935-2154 — быстро вращающийся нейтронной звезды с очень сильным магнитным полем (порядка  $10^{15}$  Гс). Особый интерес представляет собой всплеск GRB160802, временной профиль которого показан на рис. 11. Для этого всплеска характерно наличие нескольких пиков на временном профиле, которые могут быть обусловлены стагнационными релативистскими оболочками, возникшими во время взрыва. Все эти события вошли в реестр мирового каталога, созданного NASA.

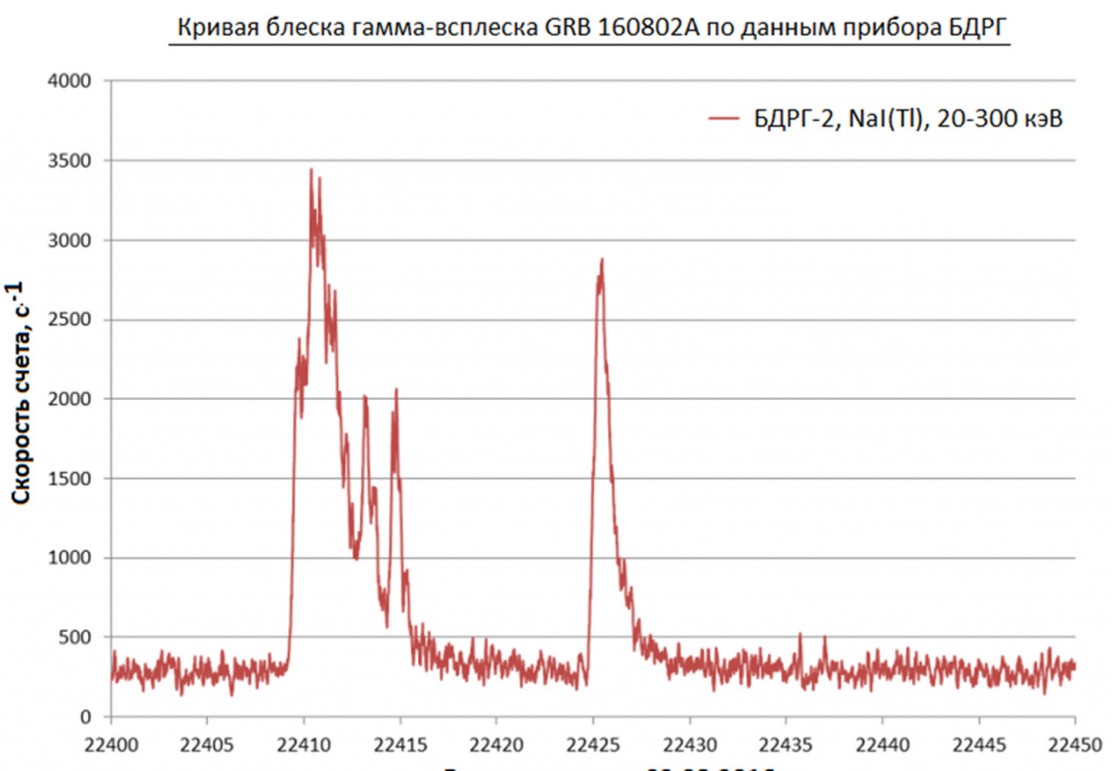


Рис. 11. Один из гамма-всплесков, зарегистрированных на спутнике «Ломоносов»

На «Ломоносов» установлен еще один прибор для изучения гамма-всплесков — ультрафиолетовый прибор Ultra Flash Observer. Он представляет собой 20-сантиметровый УФ-телескоп, работающий по принципу адаптивной оптики и управляемый по триггеру от расположенной в нем широкоугольной рентгеновской камеры. Задача рентгеновского детектора — зафиксировать направление и время появления транзита в рентгене и по этой информации направить УФ-телескоп УФОФ от его источника. В настоящее время заканчивается обработка программ обеспечения по управлению этим прибором в условиях реального полета.

Наряду с астрофизическими событиями, прибор БДРГ регистрировал гамма-излучение от несчетных молниевых вспышек, а также множество вспышек магнитосферных электронов (из радиационных поясов Земли) релятивистских и субрелятивистских энергий (по томоному рентгеновому излучению).

## Исследования магнитосферных частиц

Заряженные частицы, захваченные в магнитную ловушку в околоспутном пространстве (радиационные пояса), могут покидать её (так называемый процесс их «высыпания»), в результате ряда физических их процессов, природа которых недостаточно исследована.

Выяснение частоты и механизма действия различных физических механизмов. Но в качестве доминирующего рассматривается взаимодействие ультракоротких волн в околоспутном пространстве и заряженных частиц. Волны могут быть как техногенного (наземные радиопередатчики), так и естественного (разные плазменные неустойчивости) происхождения.

Высокочастотные магнитосферные электроны могут достигать релятивистских энергий и их воздействие на атмосферу путем ионизации может иметь существенные последствия для изменения её свойств.

В связи с этим направлением исследований следует упомянуть о начале совместных экспериментов по наблюдениям высшей электросферы из радиационных поясов Земли на «Ломоносов» и в серии аэростатных экспериментов BARREL (Ballon Array for RBSP Relativistic Electron Losses).

Международная коллаборация BARREL проводит запуски аэростатов в авроральных широтах (в настоящее время из Курума в Швеции). Идея совместных с «Ломоносов» экспериментов — в измерении характеристик высших слоев частиц одновременно на больших и малых высотах.

Измерения заряженных частиц на «Ломоносов» проводится с помощью трех приборов — БДРГ, ДЭПРОН (Дозиметр Электронов, ПРОтонов, Нейтронов) и ELPN-L (Electron Loss and Fields Investigator for Lomonosov), охватывающих широкий диапазон энергий частиц радиационных поясов Земли, их спектральные и уповные характеристики высоким временным разрешением — от миллизисекунд и более. В ходе совместных экспериментов BARREL и «Ломоносов» уже получены уникальные данные о тонкой временной структуре потоков высших слоев электронов, которые могут пролить свет на выяснение природы этого уникального явления в близком космосе.

Наряду с решением фундаментальных космофизических задач, один из радиационных приборов на «Ломоносов» — ДЭПРОН — обеспечивает мониторинг радиационной обстановки в околоспутном космическом пространстве. Благодаря двум полупроводниковым детекторам для регистрации заряженных частиц, а также широкому диапазону энергий частиц радиационных поясов Земли, их спектральные и уповные характеристики высоким временным разрешением — от миллизисекунд и более. В ходе совместных экспериментов BARREL и «Ломоносов» уже получены уникальные данные о тонкой временной структуре потоков высших слоев электронов, которые могут пролить свет на выяснение природы этого уникального явления в близком космосе.

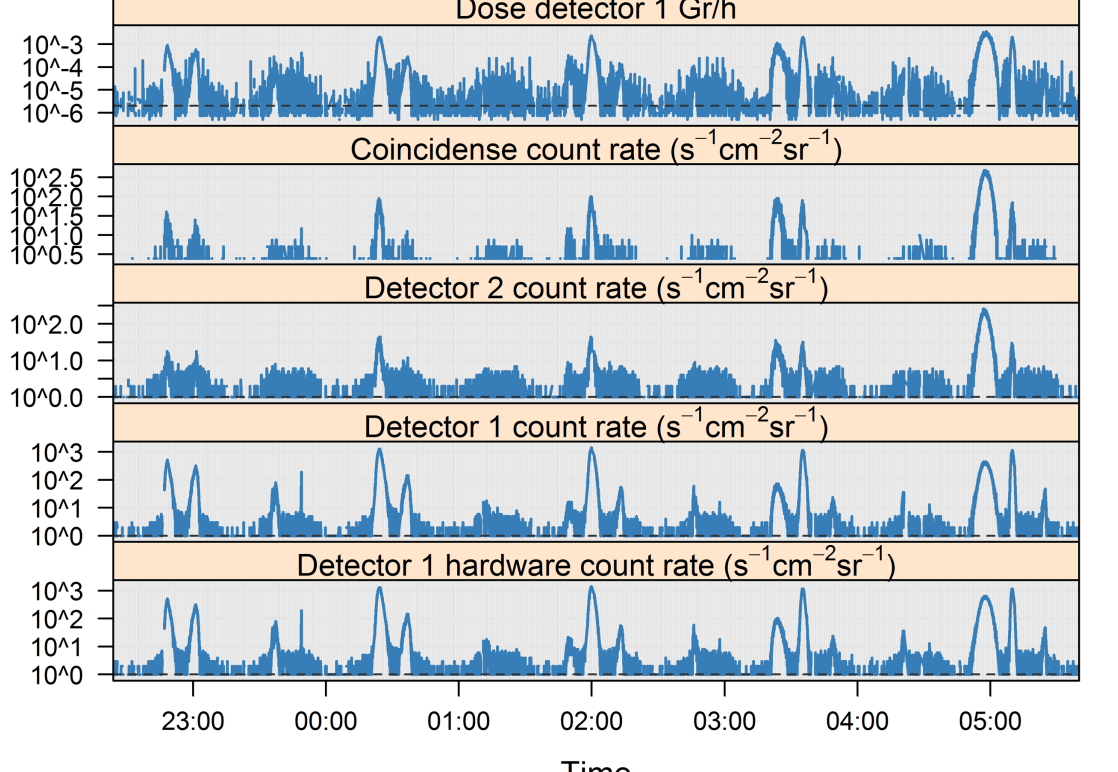


Рис. 12. Дозы радиации, зарегистрированные прибором ДЭПРОН в орбитальном полете

На рис. 12 представлены примеры данных, полученных примерно за 12 часов полета. Можно видеть значительные изменения мощности дозы радиации и плотности потока частиц, обусловленные характером орбитального движения спутника в околоспутном пространстве.

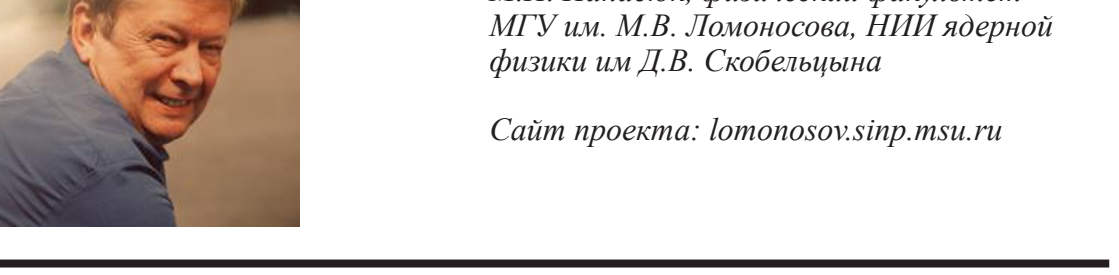
## Исследования в области экстремальной космической биологии

Еще один эксперимент, осуществляемый на борту спутника «Ломоносов», также предназначен для изучения экстремальных явлений в космосе, но из области космической биологии и физиологии. Прибор ИМИСС-1 («Институт Математических Исследований Сложных Систем») позволяет регистрировать и анализировать усложнения в условиях орбитального полета спутника.

Основные цели данного исследования связаны с так называемой «болезнью движения в условиях микрогравитации», одним из проявлений которой является запаздывание стабилизации взора человека в условиях космического полета. Борьба с описанным явлением можно путем разработки специального устройства — корректора стабилизации взора. Сигналы корректора предлагается формировать в зависимости от движения головы космонавта по показаниям инерциальных микрокамеральных датчиков и передавать с помощью гальванической стимуляции на первичные афферентные нейроны его вестибулярного аппарата.

В ходе эксперимента с помощью прибора ИМИСС-1 предстоит выяснить, каким образом изменяются характеристики датчиков в условиях космического полета по сравнению с данными наземных испытаний. В настоящее время идет накопление данных для проведения статистического анализа. Нанавшаяся обработка информации предполагает получить данные об инструментальных ошибках микрокамераторов в орбитальном полете. Для этого будут использованы значения микрокамераторов для чувствительных масс при наличии данных об орбите и показаний штатных датчиков угловой скорости спутника.

Созданный в НИИЯФ МГУ Центр обработки космических данных продолжает получение и обработку информации спутника «Ломоносов».



М.И. Панасюк, физический факультет МГУ им. М.В. Ломоносова, НИИ ядерной физики им Д.В. Скобельякина

## Испытания системы квантовой коммуникации



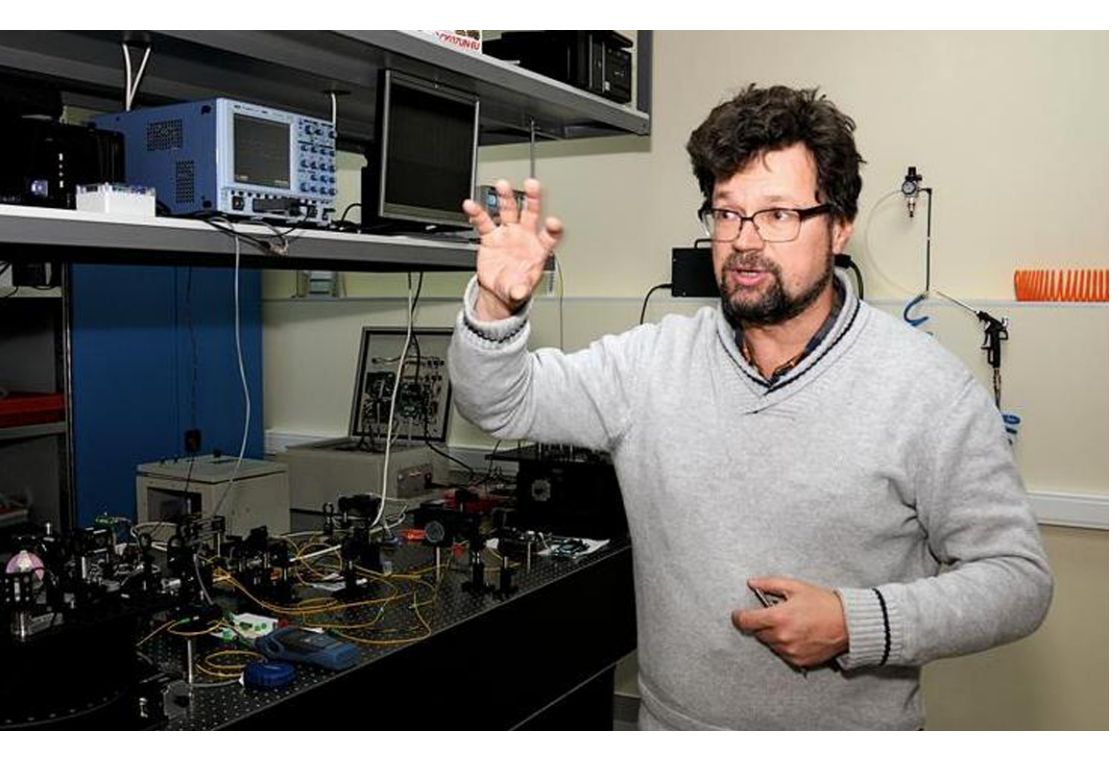
В Московской области успешно завершены трехмесячные испытания автоматической системы квантового распределения криптографических ключей\* на базе стандартных линий связи ИАО «РОСТЕЛЕКОМ»: между городами Московской области, Подгоском и Павловским Посадом, в полностью автоматическом режиме.

Испытания системы квантового распределения ключей разработана лабораторией квантовых оптических технологий, учрежденной совместно Фондом перспективных исследований и физическим факультетом МГУ имени М.В. Ломоносова. В лаборатории ведутся исследования по нескольким прорывным направлениям в сфере квантовой обработки информации, и уже получен ряд серьезных результатов, в том числе прикладного характера. В частности, в лаборатории разработано оборудование, которое при подключении к действующим волоконно-оптическим линиям обеспечивает связь гарантированной стойкости.

Основной целью испытаний стала демонстрация возможности договорверной и устойчивой работы системы квантового распределения криптографических ключей на базе стандартной инфраструктуры. Испытания показали, что система стабильно работает на оптоволоконных линиях ИАО «РОСТЕЛЕКОМ» между городами Московской области, Подгоском и Павловским Посадом, в полностью автоматическом режиме.

По мере внедрения этой технологии она сможет использоваться в сфере, где необходима защищенная связь, для передачи конфиденциальных данных, например, в банковской сфере, для управления критическими технологическими объектами, для доступа к информации в центрах обработки данных, а также в локальных и распределенных сетях обмена конфиденциальной информацией.

Основной целью испытаний стала демонстрация возможности договорверной и устойчивой работы системы квантового распределения криптографических ключей на базе стандартной инфраструктуры. Испытания показали, что система стабильно работает на оптоволоконных линиях ИАО «РОСТЕЛЕКОМ» между городами Московской области, Подгоском и Павловским Посадом, в полностью автоматическом режиме.





Руководитель лаборатории квантовых оптических технологий МГУ, член комиссии по проведению испытаний, профессор Сергей Кулик: «Проведенные испытания имеют принципиальное значение для развития всей отрасли квантовых технологий. В ходе испытаний были продемонстрированы «три кита» современной квантовой связи. Во-первых, осуществлено распределение симметричных криптографических ключей в соответствии с ГОСТ. Распределение ключей происходило в режиме квантовой сети, когда идентичные ключи генерировались у пар абонентов по их запросу. Во-вторых, квантовая связь осуществлялась между двумя конкретными населенными пунктами — городами Московской области. В-третьих, система работает в полностью автоматическом режиме, без участия оператора».

Участие оператора требуется только при первом запуске системы и настройке ее основных параметров, в зависимости, например, от расстояния между абонентскими пунктами. Все текущие значения параметров работы системы тестируются и подстраиваются автоматически: система подстраивает их в зависимости от колебаний показателей оптической линии. Во время испытаний использовался клиент-серверный вариант системы, позволяющий не только добиться ее долговременной и стабильной работы, но и минимизировать стоимость клиентского узла. Ключи распределялись между центральным сервером и несколькими клиентскими узлами: последовательно получаемые на различных узлах, ключи специальным образом синхронизируются, что позволяет всем абонентам напрямую обмениваться сообщениями, зашифрованными в соответствии с российским национальным стандартом. Сегодня система обеспечивает криптографические свойства, удовлетворяющие требованиям ГОСТ 28147-89.

Заместитель начальника Управления Центра ФСБ России, член-корреспондент Академии криптографии Российской Федерации, член комиссии по проведению испытаний Андрей Корольков: «Система, в составе которой сеть серверная станция с возможностью коммутации между 32 клиентскими узлами, использует оригинальный отечественный протокол передачи данных. Его криптографическая стойкость позволяет генерировать ключи, подходящие для использования в современных и перспективных аппаратно-программных средствах криптографической защиты информации ограниченного доступа».

Главный архитектор по стратегии безопасности сетей и облачных решений ПАО «Ростелеком», член комиссии по проведению испытаний Муслим Мелькулов: «Демонстрация долговременной работы сетевого варианта системы квантовой распределения ключей, работающих на инфраструктуре стандартных волоконно-оптических линий связи и соответствующей всем требованиям по криптографической стойкости, показывает, что в России созданы условия для внедрения этой технологии».

\*Криптографический ключ — это последовательность чисел определенной длины, созданная для шифрования информации. Квантовое распределение ключей — это новая технология, которая решает одну из основных задач криптографии — гарантирование на уровне фундаментальных законов природы распределение ключей между удаленными пользователями по несекретным (открытым) каналам связи. Постоянная и автоматическая смена ключей при передаче каждого сообщения позволяет реализовать стойкое шифрование в режиме однократного «шифрокода»: на сегодняшний день это единственный вид шифрования со строго доказанной криптографической стойкостью.

http://www.phys.msu.ru/news/archive/2016/05/11/73

## Лучшие инновационные молодежные проекты физического факультета

8 октября 2016 г. на Физическом факультете состоялось открытие Фестиваля науки. С необычным докладом на открытии выступила Корнея Юлия Викторовна, председатель совета молодых ученых Физического факультета.

Темой выступления были ученым рассказ о наиболее интересных и прикладных проектах молодых ученых физического факультета.



Яркие и талантливые ребята — это гордость нашего факультета и они заслуженно побеждают в московских и региональных конкурсах лучших инновационных молодежных проектов. В основе каждого проекта лежит долгое научное исследование, осмысление результатов ранних работ кафедр и лабораторий, проведение критического анализа существующего положения дел в этой области и нахождение своей оригинальной ниши

Проект называется: Разработка аппаратного комплекса и преварата на основе биологосенсинга для ультразвуковой тераностики раковых опухолей, автор — Свиридов Андрей.

Все мы знаем это страшное слово — «рак», и то что весь мир ежегодно тратит на борьбу с ним сотни миллионов долларов. злокачественными опухолями в мире ежегодно болеют примерно 10 млн. человек и умирают 8 млн. человек. Но, несмотря на оудельные успехи в данном направлении, до окончательной победы еще далеко. Именно поэтому такую важную социальную значимость сегодня имеют исследования на стыке физики и биологии, открывающие возможности для создания новых терапевтических методов.

В работе Андрея предполагается разработка ультразвуковой установки метастероного медицинского диагноза частот для проведения тераностики, позволяющей одновременно:

- проводить прецизионную диагностику раковых опухолей на ранней стадии (с точностью до наней мм), что является важнейшим фактором успешного выздоровления, с помощью ультразвуковых датчиков и контрастного агента;
- уничтожение опухолей с помощью источников УЗи с регулируемой мощностью и адресно доставляемого препарата.

В качестве препарата выступают наночастицы пористого кремния, которые продемонстрировали свойства биосовместимости и биодетермируемости в многодневных доклинических испытаниях. Наночастицы способны накапливаться в кровеносной сети опухоли как за счет механизма пассивного накопления, так и за счет активного накопления благодаря осаждению на поверхности наночастиц антител, специфичных к определенным типам раковых клеток. Технология их получения, несмотря на сложность хорошо отработана.

Проект: Создание нового типа глюкометров на основе плазмонного метода измерения оптической активности, автор — Дарья Игнатъева.

Еще одна из наиболее важных медицинских проблем в мире — это сахарный диабет.

- 366 млн. человек в мире болеют сахарным диабетом;
- 5 млн. больных умирает ежегодно: больше, чем от ВИЧ и гепатита!
- 3 млн человек в России болеют сахарным диабетом 2 типа.
- В случае заболевания, жизненно необходимо постоянно проводить контроль уровня глюкозы в крови несколько раз в день. Прибор для такого контроля называется глюкометром.
- Недостатки существующих глюкометров:
- Низкаяинтенсивность методов, это значит что необходимо брать кровь для каждого измерения уровня глюкозы в крови, как вы понимаете это не только неприятно, но и в случае с детьми, крайне нежелательная процедура;
- Требуются одоразовые дорогостоящие расходные материалы;
- Погрешность измерения 20% (стандарт).

При определенных условиях поверхностные плазмоны могут возбуждаться под воздействием поляризованного света.

Современные плазмонные сенсоры — одни из самых чувствительных оптических сенсоров на сегодняшний день.

Они позволяют проводить исследования по:

- выявлению малых концентраций патогенных микроорганизмов, токсинов, гермов, аллергенов и посторонних химических веществ в пище (молоко, мед, соки, мясо, морепродукты, пшеница и др.);
- мониторингу окружающей среды: определение содержания пестицидов, арматических углеводородов, тяжелых металлов и др.;
- определению динамики концентраций маркеров рака, некоторых антител, аллергенов, лекарств и гормонов.

Медики было обнаружено, что в ряде случаев существует сильная корреляция между концентрацией глюкозы в крови и слюне. Поэтому и возникла идея измерения глюкозы в слюне на основе интерферометрии плазмонов.

Хочется еще раз отметить, что данный метод полностью ненанзивен, т.е. не требует забора крови и является точечо существующих аналогов.

Проект: Создание компактного устройства очистки воздуха от токсичных примесей (фильтра) на основе дегидрированного нанокристаллического диоксида титана, автор — Миннеханов Антон.

Данная проблема глобальна, особенно для мегаполисов, в которых мы проживаем. Подавляющее большинство находящихся в воздухе загрязнений имеют органическую природу. Основная масса летательной пыли и отделившихся осадки омертвевшего верхнего слоя кожи (омертвевшая), частички волос, перхоти, прося по большей части состоит из органики. Органическим веществом является никотин. Растворенные в воздухе органические вещества, попадая на рецепторы носа, воспринимается нами как запах.

Требуются доступные и эффективные системы очистки.

Системы очистки на основе TiO<sub>2</sub> обладают всеми качествами для эффективной очистки воздуха от органических загрязнений. В обычном своем состоянии диоксид титана является веществом, не обладающим заметной химической активностью. Зато, будучи облучаемым интенсивным ультрафиолетовым светом, диоксид титана становится мощнейшим окислителем. Одним из важных свойств окислителя является их способность разлагать органические вещества на воду и углекислый газ.

Попав на поверхность, с нанесенным на ней диоксидом титана, бактерии организмов под действием ультрафиолетового излучения погибают. Вода и воздух, которая тут же испаряется, увеличивает влажность воздуха. Благодаря этому фотокаталитические фильтры не нуждаются в очистке — их просто не от чего очистить, они не держат загрязнения в себе.

Главный недостаток существующих систем очистки на базе TiO<sub>2</sub> — необходимость использования ультрафиолетового излучения.

На scheme использующейся в быту установки очень большой объем титана занимает УФ лампы.

Было бы крайне удобным и позволило бы использовать такие фильтры более повсеместно, если бы устройства работали бы просто при видимом свете.

Простым способом повысить эффективность фотокатализа на диоксиде титана является дегидрирование его кристаллической решетки атомами азота. Однако сложные образцы такого состава до настоящего момента получить было крайне сложно, что затрудняет получение устройств на их основе.

В работе Антона были синтезированы образцы дегидрированного диоксида титана, обладающие наилучшей фотокаталитической активностью при видимом свете и являющихся стабильными при длительном хранении в условиях повышенной температуры, что никак не сказывается на их функциональных свойствах.

Таким образом, совершен серьезный прорыв в такой важно для качества нашей жизни области.

Проект: Оптические фильтры для защиты глаз на основе фотонных кристаллов из пористого кварца, автор — Свишковский Сергей.

Как все знают, наши глаза — это основной источник информации о внешнем мире. И одной из острых проблем стоит защита глаза от травмирующего излучения, как например защита глаз пилотов от направленных в них лазерных лучей. Количество таких ситуаций в мире постоянно возрастает. Очень часто против специальных войск используют лазерные указки различной мощности для временного ослепления и принижения уровня здоровья. Лазерные устройства сейчас широко доступны и свободно продаются, хотя их мощность достаточно для того чтобы полностью выжечь сетчатку незашитого глаза. И, хочется отметить, что длины волн подобных лазеров находятся в широком диапазоне.

Существующие защитные очки, которые представляют собой широкополосные фильтры, мало того, что приводят к ухудшению видимости, но и являются защитой только для одного вида лазерного излучения.

Автор данного проекта предлагает защитить очки из оптических фильтров на основе многослойных структур из пористого кварца. Каждый прозрачный слой защищает от определенной длины волны лазерного излучения, если их сделать достаточное количество, то можно практически наверняка защитить глаза от всех видов лазерных лучей.

Таким образом можно видеть как лабораторный проект можно использовать для решения важных практических задач.

Проект: Разработка сверхчувствительного сенсора электрического поля с высоким пространственным разрешением, автор — Жарик Георгий.

Проект называется: Разработка аппарата комплекса и преварата на основе биологосенсинга для ультразвуковой тераностики раковых опухолей, автор — Свиридов Андрей.

В современном мире появилось большое количество наноразмерных объектов, качество и характеристики которых надо тщательно исследовать, что и наноразмерные детали электронных приборов, такие как квантовые точки и кубиты, и молекулы ДНК и белков, и различные полупроводниковые поверхности, для которых важно исключить любые шероховатости, или наоборот отследить их качество.

В проекте Георгия предложен новый тип зонда для электрического микрооскопа — одноэлектронный узел, который представляет собой слоистую структуру, в которой особым образом напылены два электрода (сток, исток), находящиеся на расстоянии 2-4 нм друг от друга, с проводящим островом (наночастицей или молекулой) между ними, к которому подведен третий (управляющий) электрод — затвор. Все манипуляции по созданию такого зонда невозможно провести без сложнейшего оборудования, которое находится в лаборатории криоэлектроники.

Разрешающая способность такого зонда составляет 1 нм, в то время как существующие аналоговые имеют точность — 20 нм.

Если немного изменить схему, то данный зонд можно использовать в качестве работающего одноэлектронного транзистора, вошедшего в состав электронного микрооскопа, который представляет собой новый шаг к созданию нового поколения нанозлектроники.

Причем он будет функционировать не только при температуре жидкого азота, а даже при комнатной температуре.

## XI Летняя школа учителей физики в МГУ



С 27 июня по 1 июля 2016 года на физическом факультете МГУ состоялась очередная (пестая) Всероссийская Летняя Школа учителей физики. Традиционно на Летней школе поднимались вопросы популяризации фундаментальной науки, методики преподавания физических тем и вопросов школьного курса физики. Два дня работы школы было заполнено экскурсиями в академические институты, Московский Планетарий, музей МГУ.

Летняя школа не могла обойтись стороной вопроса детектирования гравитационных волн. С лекцией по этой теме выступил один из основоположников уникального эксперимента профессор В.И. Митрофанов.

Заместитель проректора МГУ, декана физического факультета профессор А.А. Федянин рассказал о бурноразвивающейся области современной физики — нанофотонике и ее приложениях.

Доцент В.А. Грибов поделился с учителями и методистами свежей информацией об изменении структуры заданий Единого Государственного Экзамена по физике. Данные изменения позволят свести к минимуму возможность угадывания ответа при работе над вариантом ЕГЭ.

Доцент А.В. Грачев поделился с учителями соображениями об академическом подходе к наполнению школьного курса физики. Доцент П.Ю. Брочин привнес в своей лекции примеры методических приемов решения традиционно сложных вопросов школьного курса физики — о перенарядке конденсаторов.



Старший преподаватель кафедры общей физики А.В. Селиверстов рассказал о системе демонстрационного эксперимента по геометрической и волновой оптике. Лекция сопровождалась уникальными жегериментами с привлечением оборудования Кабинета Физических Демонстраций.

Школа собрала 217 участников, 86 из которых прибыли из Москвы и ближайших областей Московской области. Традиционно Московский Университет оказывает помощь в проведении Летней школы: для иногородних участников было предоставлено 80 мест в общежитиях МГУ.

При поддержке фонда «Большое дело» участникам школы были вручены инновационные учебники по физике для школы, авторами которых являются преподаватели Московского Университета.

Каждый год организаторы Летней Школы анкетируют ее участников. Анкетирование помогает выявить области, интересные учителям как в сфере образования интеллектуального багажа в области фундаментальной науки, так и в области методики преподавания. Результаты опросов свидетельствуют о важности проводимых физическим факультетом МГУ мероприятий для учителей физики.

Натаска Магомедова пишет: «В Летней школе мне понравилось без преувеличения СПОСОБ ОГРОМНОГО организатора и спонсора. Я была на Летней школе 2-й год. И знаете у меня только восторг и это искреннее мое эмоцио».



Система Нана Иванова пишет: «Мне понравилось все! А именно: Удобное время проведения: летом, после выпускных экзаменов, когда у учителей уже начался отпуск, и все желающие могут участвовать, не дожидаясь согласия администрации, доброжелательная атмосфера, четкая работа оргкомитета, насыщенная, интересная программа.

Особенно запомнились лекции ведущих ученых, преподавателей МГУ. На доступном для учителей уровне рассказывается о современных проблемах физики. Лекции очень содержательные и рассказывают об этом люди, которые сами делают эту науку. Экскурсия в ИОФАН. Она проходилаась второй год и во второй раз темы и содержание не совпали с темати предыдущего года (ИОФАН — не исключение). Мне особенно понравилась лекция Вячеслава Васильевича Осипо об А.М. Прохорове. Очень понравилась методическая часть, где рассматриваются проблема содержания и преподавания школьного курса физики, подготовка к олимпиадам, проектная деятельность, интересные опыты по физике.»

Доцент кафедры общей физики физического факультета МГУ К.Ф.м.н. П.Ю. Брочин

## Летняя научно-производственная практика студентов кафедры физики моря и вод суши

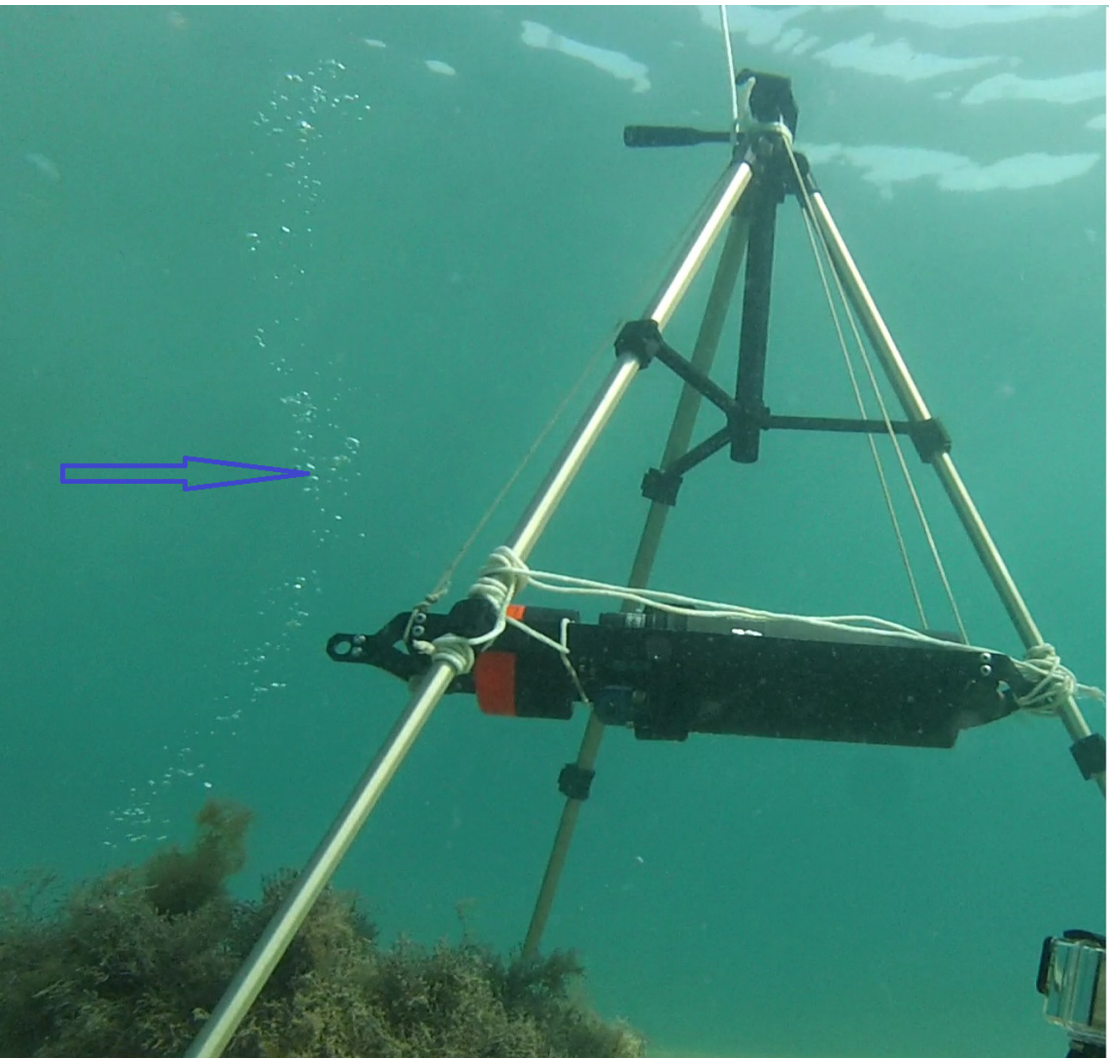
В августе 2016 г. студенты кафедры физики моря и вод суши физического факультета МГУ проходили практику в Институте морских биологических исследований им. А.О. Ковалевского РАН г. Севастополя. Нам было предложено совместно с сотрудниками этого института исследовать влияние синов Севастопольских бухт на стратифицированные потоки, а именно, воздействие струйных синов мевана на стратификацию окружающей толщ воды. Силами называются газовые высанияния (seeps) из донных осадков. Они впервые были обнаружены лишь в восьмидесяти годах прошлого столетия и в настоящее время изучены недостаточно полно. Название «холодные синов» носит условный характер, поскольку температура газовых флюидов, как правило, превышает температуру придонной воды. Исследования струйных выходов природного газа из морского дна имеют важное значение как экологическое (оценка его вклада в природные источники парниковых газов в процессы глобального потепления) так и практическое (альтернативного источника топлива).



Студенты и преподаватели кафедры физики моря и вод суши в Институте морских биологических исследований им. А.О. Ковалевского РАН г. Севастополя

Студенты кафедры принимали участие в моделировании эксперимента, проводили ознакомительные лекции об исследовании и способах обнаружения газовой синов, ознакомились с работой ведущих лабораторий Института морских биологических исследований.

Увидеть действующие синов и лично произвести их полевые измерения студенты смогли в бухте Ласпи.



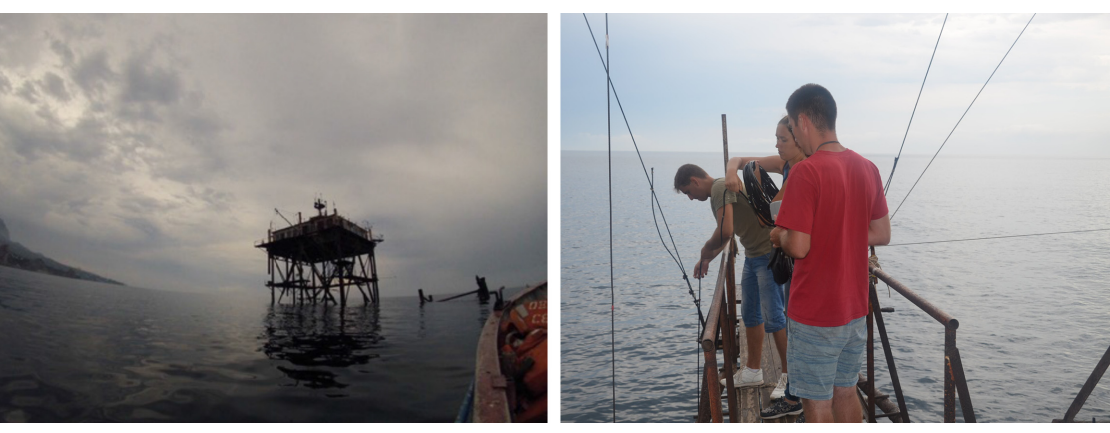
Бухта Ласпи. Стрелой указан действующий метановый сип

На фотографии слева от RCM-9 виден струйный метановый сип, в виде пузырька газа, поднимающегося от дна до самой поверхности. Глубина заледня в этом месте всего 2,5 метра, поэтому пузырьки метана не успевают раствориться в воде. Т.к. измерения проводились после длительного периода жаркой погоды, то вода в заливе на такой глубине была remarkably прогрета. Сильные течения здесь не наблюдаются, поэтому какак-либо стратификация на момент измерений отсутствовала. Измерения вертикальных профилей температуры и растворенного кислорода в течение нескольких периодов (3 часа и 12 часов) с помощью RCM-9 максимально близко к работающему синову и в отдалении, от него не показали каких-либо сильных изменений параметров воды, которые могли бы быть обусловлены воздействием выхода метана.

Перед отъездом из Севастополя участники практики посетили Морской Гидрографический институт РАН, увидели современные дистанционные методы исследования водной поверхности. Так же мы были на экскурсиях в музей института, где узнали много интересного об его истории, открытиях, сделанных его сотрудниками, посетили на приборы, которые используются для исследований.

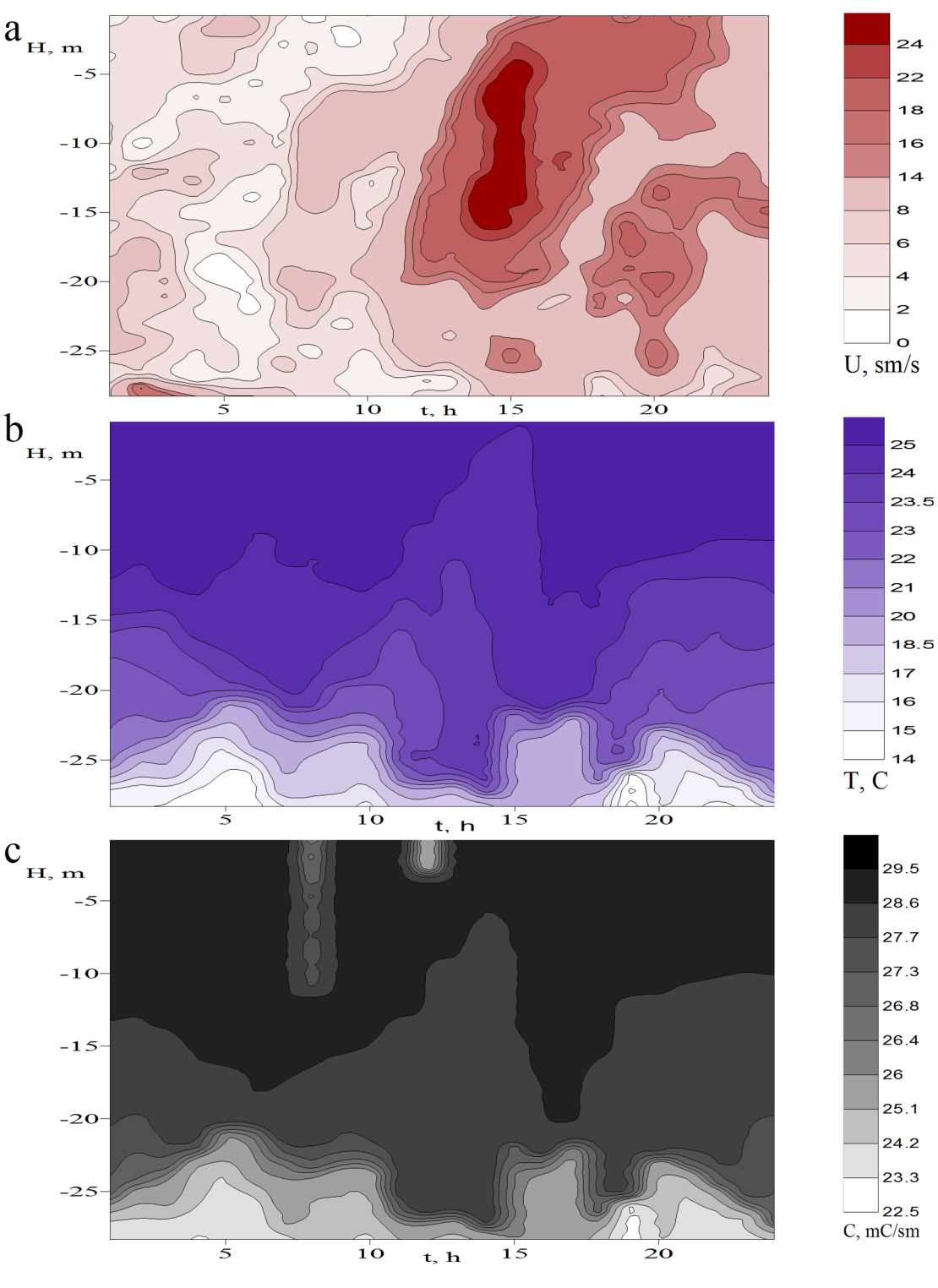
Вторым пунктом для прохождения практики студентами кафедры этим летом был Черноморский гидрофизический полигон РАН в поселке Капшаевы. Одной из задач, поставленных перед студентами во время практики, было изучение стратифицированных водных масс в районе стационарной океанографической платформы этого полигона. Исследования динамики стратифицированных потоков связаны с решением задач геофизической гидродинамики, а также экологических проблем транспорта примесей в оврах и водохранилищах.

Стационарная океанографическая платформа является уникальным сооружением, предназначенным для проведения научных натурных исследований морской среды. Работы по подготовке к созданию платформы начались в середине 1970-х годов. Окончательно было сдана в эксплуатацию в мае 1980 года. Максимальная высота платформы составляет 21 метр, длина и ширина 25 метров, крен 5 градусов на северо-восточный фронт. На высоте 5 метров над уровнем моря смонтирована рабочая палуба для размещения приборов и научного оборудования. Верхняя палуба расположена на высоте 12 метров над уровнем моря.



Измерения проводились со стационарной платформы студентами каждый час в течение 24 часов. Одновременно с зондированиями (по всей глубине) измерялись метеорологические параметры, такие как скорость и направление ветра, температура, давление и влажность воздуха.

После обработки данных были получены вертикальные профили скорости, температуры и электропроводности воды, на которых видны суточные изменения. Студенты самостоятельно строили и анализировали графики, на которых показаны эволюции полей модуля скорости течения U, температуры T, и удельной теплопроводности C по глубине от времени в течение 24 часов. Колебания верхней границы придонного термостина носят волновой характер. Во второй половине измерений скорость течения U резко увеличилась. Это сопровождалось поднятием более холодной и менее соленой воды к поверхности и заглублением нижней границы придонного термостина. По данным метеостанции, расположенной на платформе, скорость ветра в это время увеличилась с 3 м/сек до 6-7 м/сек и меняла свое направление с северо-западного на северное. Было предположено, что причиной кратковременного аввешива были ветер и течение, расположенное на глубине 5-15 м.



Эволюция полей модуля скорости течения U (a), температуры T (b), электропроводности C (с) по глубине от времени

Кроме измерений, во время практики в Капшаеве ребята ознакомились с научней работой, которую ведут сотрудники Черноморского гидрофизического полигона, изучили историю основания и развития этого научного центра академиком Шудейкиным Василием Владимировичем.



Методами измерений стретровых волн ребит знакомит сотрудник Черноморского гидрофизического полигона

В целом, летняя научная практика студентов кафедры физики моря и вод суши прошла интересно и познавательно, дала возможность познакомиться с новыми людьми и узнать много из истории научной работы на Черном море.

Сл.с кафедры физики моря и вод суши Иванова Н.И., студентки 430 группы Пдубровникова Е.М.

## К 75-летию Владимира Чеславовича Жуковского

16 октября 2016 года исполнилось 75 лет замечителю замечителю кафедры теоретической физики профессору Владимиру Чеславовичу Жуковскому.

В.Ч. Жуковский окончил физический факультет МГУ в 1965 г., в 1968 г. защитил кандидатскую диссертацию «Индустрированное 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.

Профессор В.Ч. Жуковский — известный физик-теоретик, автор фундаментальных работ классической и квантовой теории синхротронного излучения, теории взаимодействия элементарных частиц в сильных внешних калибровочных полях, кванотемпературной 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, ЭТД, Physical Review, Annals of Physics, Physics Letters, Progress of Theoretical Physics, Journal of Mathematical Physics, Modern Physics Letters и др. Он входит в число наиболее цитируемых ученых физического факультета (например, его статья штировала лауреат Нобелевской премии 2008 г. Й. Намбу (Y. Nambu)).

В последние время В.Ч. Жуковский исследует вакуумную структуру квантовой хромодинамики — современную новейшей калибровочной теории сильных взаимодействий, изучает радиационные эффекты с учетом внешних полей, конечной температуры и плотности вещества, которые находят приложения в космологии и астрофизике, а также в физике твердого тела, например, в приложениях к графену, нанотрубам и др. Он постоянно сотрудничает с коллегами из Института физики высоких энергий (Принстон) 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 теоретическим основам квантовой теории на физическом факультете, а на кафедре теоретической физики — специальные курсы по квантовой теории поля, неабелевой калибровочной теории поля с учетом внешних воздествлений на основе современных непertурбативных методов, для студентов отделения математики механико-математического факультета долгие годы ученик читал курс теоретической физики.

Кроме того, в последние годы он читает интенсивный курс теоретической физики в финале МГУ в г. Баку (Азербайджан).

В.Ч. Жуковский руководит большой группой студентов-диспиномов и аспирантов, а также научным семинаром «Физика высоких энергий». Он — член Ученого Совета физического факультета, специализированных советов при ИОФАН и МГУ, редколлегии журналов «Успехи Московского университета. Физика. Астрономия», «Ученые записки физического факультета МГУ», «Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Физико-математические науки».

В.Ч. Жуковский написал (в соавторстве) 16 монографий и учебных пособий. Его книга «Квантовая теория» (совм. А.А. Соколовым и И.М. Терновым) широко используется в российских университетах и переведена на иностранные языки. На основе читаемых В.Ч. Жуковым лекционных курсов опубликован (в соавторстве) ряд учебных пособий для университетов: «Квантовая электродинамика» (итало-казаке 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 Бакском государственном университете, Оксфордском университете и др.).

Поблажаем Владимира Чеславовича Жуковского за замечательные заслуги и желаем ему крепкого здоровья и новых научных достижений.

Статья опубликована в журнале «Ученые записки Физического факультета МГУ»

## 80 лет Борису Николаевичу Швилкину

В сентябре 2016 года исполнилось 80 лет выдающему научному сотруднику кафедры физики полимеров и кристаллов доктору физико-математических наук Борису Николаевичу Швилкину.

Первая научная работа, выполненная им на кафедре электроники под руководством доцента Г.Гортия Сергеевича Солнцева и опубликованная в журнале «Радиоинженiería и электроника», была посвящена изучению времени формирования и статистического запаздывания газовой погрды и их изменению под действием внешнего воздействия. Это времени играли существенную роль в работе так называемых ВИФов (вакуумный импульсный разрядник) — устройств, применяемых в то время при взрывах атомных зарядов. Статистическое запаздывание, определяющее нестабильность срабатывания этих устройств, было крайне неблагоприятным процессом. Разработчики ВИФов тогда не знали, как устранить этот дефект, и это грозило им большими неприятностями, о чем Борис Николаевич позднее написал в «Литературной газете» №50 за 2002 год в статье «О дам тебе статистическое запаздывание».

С 1960 по 1963 год после окончания физического факультета В.И. Швилкин работал в Научно-исследовательском институте вакуумной техники им. С.А. Векшинского (НИВТ). Там им был разработан прибор «Анализатор нейтральной компоненты» (АНК) — время-пролетный масс-спектрометр. Прибор был внедрен на установке Токмак-2 и Токмак-3 в секторе Натана Ароновича Явлинского и Стелларатор в секторе академик Евгения Константиновна Завойского Института атомной энергии им. И.В. Курчатова. Проведенные Борисом Николаевичем исследования, опубликованные в 1962 году в журнале «Nuclear Fusion», показали, что со стенок разрядных камер термоядерных установок в плазму поступают примеси, приводящие к огромному потерям энергии плазмы. Источником примесей были микроразряды со стенке, где протекали каталитические химические реакции. Это не позволяло надеяться на получение сколько-нибудь высоких температур плазмы.

В 1963 году Б.И. Швилкин поступил в аспирантуру физического факультета. Здесь под руководством доктора Аркадия Андреевича Зайцева он проводил экспериментальные исследования волновых движений в плазме газовой разряда. Им было обнаружено самопроизвольное возбуждение ионно-звуковых волн, изучение их свойства. Изучен закон дисперсии ионно-звуковых волн и самовозбуждающийся колебательный диффузионный волн (бегущие стволы) крайне неблагоприятным процессом. Разработчики ВИФов тогда не знали, как устранить этот дефект, и это грозило им большими неприятностями, о чем Борис Николаевич позднее написал в «Литературной газете» №50 за 2002 год в статье «О дам тебе статистическое запаздывание».

С 1968 г. В.Ч. Жуковский постоянно работает на физическом факультете, с 1993 г. он — профессор кафедры теоретической физики.

Большой цикл работ был выполнен Б.И. Швилкиным и его аспирантами по изучению плазмы в магнитном поле. Изучались дрейфово-дисиплятивная неустойчивость, которая является существенным препятствием на пути осуществления управляемой термоядерной реакции. Наблюдение за ее возникновением и развитием на полномасштабных термоядерных установках сложны и даже практически невозможно. Однако это оказалось возможным на модельных экспериментальных установках в бесточковой газоразрядной плазме с градиентом плотности и термоядерными магнитными полями. В них также развивались дрейфово-дисиплятивная неустойчивость, для которой в зависимости от конкретных условий возможно возникновение четячек ее разновидности: дрейфово-ионно-звуковой, низкочастотной дрейфовой, а также неустойчивости разреженной плазмы. Существенную роль в их возникновении играют действия «длин» эффектов инерции ионов, конечности ионного ларморовского радиуса, а также в случае малой плотности электронов — отсутствие от квазинейтральности в возмущениях. В указанных работах были изучены эти неустойчивости, предложены способы их подавления (см. обзор: А.В. Тимофеев, Б.И. Швилкин. Дрейфово-дисиплятивная неустойчивость неоднородной плазмы в магнитном поле. УФН, т. 118, №2, 1976).



