

**МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ им. М.В. ЛОМОНОСОВА  
ФИЗИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ, БИОЛОГИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ,  
ГЕОГРАФИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ, НИИЯФ им. Д.В. СКОБЕЛЬЦИНА,  
ИФА РАН, ИЯИ РАН**

**Междисциплинарная школа-семинар направления Н6 НОШ МГУ «Космос»  
« КОСМИЧЕСКИЕ ЛУЧИ, ЧАСТИЦЫ, ПОЛЯ – 2022»**

12 апреля – 20 мая 2022 года,  
г. Москва

**УВАЖАЕМЫЕ КОЛЛЕГИ!**

Приглашаем вас принять участие в работе **междисциплинарной Школы-семинара** «Космические лучи, частицы и поля – 2022». Запланирована еженедельная работа Школы-семинара на площадках физического факультета, географического факультета, биологического факультетов МГУ и НИИЯФ имени Д.В. Скобельцина в онлайн формате.

**ОРГАНИЗАТОРЫ ШКОЛЫ-СЕМИНАРА**

**Сопредседатели:**

- член-корр. РАН, д.ф.м.н. Э.Э. Боос
- профессор, д.ф.м.н. Н.Н. Сысоев

**Члены Организационного комитета:**

- профессор, д.ф.м.н. С.И. Свертилов
- доцент, к.ф.м.н. В.И. Захаров
- зав.лабораторией НИИЯФ, к.ф.м.н. В.И. Оседло
- декан ФКИ, к.ф.м.н. В.В. Сазонов
- доцент, к.ф.м.н. Н.А. Сухарева
- доцент, к.ф.м.н. Е.В. Широков

**Члены Программного комитета:**

- академик РАН, д.ф.м.н. И.И. Мохов
- академик РАН, д.ф.м.н. В.А. Рубаков
- член-корр. РАН, д.б.н. А.Б. Рубин
- профессор РАН, д.ф.м.н. А.И. Елисеев
- доцент, к.ф.м.н. В.И. Захаров
- зав.отделом НИИЯФ, д.ф.м.н. В.В. Калегаев
- профессор, д.ф.м.н. С.И. Свертилов
- доцент, к.ф.м.н. Н.А. Сухарева
- профессор, д.ф.м.н. В.А. Твердислов
- профессор, д.ф.м.н. В.С. Черныш

**Адрес сайта школы-семинара –**<https://events.sinp.msu.ru/event/6/>

## **Часть 1 «Прикладные исследования космоса». Апрель 2022 г.**

**12 апреля 2022 года, с 17:30 до 20:00**

<https://bbb.distant.msu.ru/b/dmk-qry-w0w-75b>

### **СЕКЦИЯ «НАУЧНАЯ АППАРАТУРА КОСМИЧЕСКОГО БАЗИРОВАНИЯ»**

#### **Руководители секции:**

**д.ф.м.н., профессор Свертилов Сергей Игоревич,**

**д.ф.м.н., профессор Черныш Владимир Савельевич.**

#### **Проект «Монитор»**

**Свертилов С.И., д.ф.м.н., профессор, физический факультет МГУ, НИИЯФ МГУ**

Проект «Монитор» направлен на развитие системы мультиспутникового мониторинга радиационного состояния околоземного космического пространства. В рамках проекта ведутся работы по подготовке к запуску на полярную орбиту двух наноспутников для измерения потоков ионизирующих излучений. На одном из этих спутников в качестве полезной нагрузки установлен прибор ДеКоР-2 – компактный детектор космической радиации нового поколения, на другом – прибор КОДИЗ – комплексный детектор космических излучений.

Прибор ДеКоР-2 предназначен для исследования гамма-всплесков различной природы, а также быстрых вариаций потоков электронов. Энергетический диапазон прибора 0.05-3 МэВ. Прибор является модифицированным вариантом сцинтилляционного спектрометра гамма-квантов и электронов ДеКоР, успешно работающего на спутниках Амур-Сат, ВДНХ-80, Норби и др. По сравнению с предшествующей версией, прибор ДеКоР-2 характеризуется увеличенной чувствительной площадью ~60 см<sup>2</sup>, а также заменой традиционных ФЭУ на полупроводниковые фотоприемники типа SiPM. Прибор КОДИЗ предназначен для обнаружения появления потока частиц СКЛ, которые могут создавать дополнительную радиационную нагрузку на борту космических аппаратов и самолетов. Прибор КОДИЗ включает в себя черенковский детектор, два полупроводниковых и два нейтронных детектора, сигналы которых обрабатываются микроконтроллером Milandr.

#### **Детекторы заряженных частиц для экспериментов на кубсатах**

**Петров В.Л., научный сотрудник, НИИЯФ МГУ**

В рамках космической программы Московского университета в НИИЯФ МГУ ведутся инициативные работы по созданию линейки приборов для регистрации потоков заряженных частиц на борту космических аппаратов типа CubeSat (кубсат). Приборы являются идеологическим продолжением полупроводниковых спектрометров, разрабатывавшихся в институте ранее, однако конструкция, схемотехника и функционал приборов существенно переработаны для использования в мультиспутниковых экспериментах на кубсатах.

**Адрес сайта школы-семинара – <https://events.sinp.msu.ru/event/6/>**

Все приборы линейки в детектирующей части представляют собой полупроводниковые телескопы, т.е. соосные сборки полупроводниковых детекторов. Количество детекторов определяет общий энергетический диапазон измеряемых частиц, а также распределение спектрометрических каналов.

Полупроводниковые телескопы являются достаточно традиционными устройствами регистрации потоков энергичных заряженных частиц. Преимуществами устройств такого типа являются высокие спектрометрические характеристики, большой динамический диапазон использования, возможность определения типа заряженных частиц без использования сложных математических методов.

Основной прибор в линейке – универсальный полупроводниковый спектрометр – предназначен для регистрации потоков электронов и протонов естественного космического излучения в диапазоне энергий от ~50 кэВ до ~10 МэВ (для электронов) и от ~1 МэВ до ~200 МэВ (для протонов).

Первый лётный образец прибора будет готов к интеграции с космическим аппаратом к осени 2021 года и планируется к запуску в конце 2021 – начале 2022 гг.

### **Проблемы разработки ВЧ ионных двигателей для космических полетов на низких орбитах Вавилин К.В., Кралькина Е.А., Двинин С.А., Задириев И.И., Никонов А.М.**

В последние годы актуальной стала организация полетов космических аппаратов (КА) на низких околоземных орбитах (НОО) (180 – 200 км), открывающих широкие перспективы для развития телекоммуникаций, транспортных операций, а также широкого круга научных исследований. Основная проблема полетов на НОО состоит в высоком сопротивлении остаточной атмосферы, приводящим к быстрой потере высоты КА. Выходом из положения является оснащение космических аппаратов электроракетными двигателями (ЭРД), способными компенсировать потери скорости. Однако расчеты показывают, что запасы топлива, необходимые для долговременной работы КА на высотах 180-200 км, неоправданно велики. В связи с этим в мире интенсивно ведутся работы по созданию устройств забора атмосферных газов (УЗАГ), сопряженных с ЭРД. Поток газов, поступающих в ЭРД из УЗАГ, должен обеспечить создание тяги, необходимой для компенсации сопротивления остаточной атмосферы. В связи с этим появляется потребность в разработке эффективных ВЧ ионных двигателей, работающих на газах, типичных для земной атмосферы на расстоянии от Земли 180 -200 км или их смеси с инертными газами.

### **Пучковая диагностика космических материалов Шемухин А.А., зав. лабораторией НИИЯФ МГУ**

В результате воздействия заряженных частиц в материалах и элементах бортового оборудования аппаратуры протекают разнообразные физико-химические процессы, приводящие к ухудшению их эксплуатационных параметров. В зависимости от характера воздействий, происходящие изменения свойств материалов и элементов оборудования могут быть обратимыми или необратимыми, представляя различную опасность для бортовых систем.

**Адрес сайта школы-семинара – <https://events.sinp.msu.ru/event/6/>**

Воздействие потоков заряженных частиц на конструкционные материалы и, главным образом, на электронную компонентную базу (ЭКБ) бортовой аппаратуры космического аппарата называется радиационной нагрузкой и ведет к деградации и искажению их рабочих характеристик. В связи с этим необходимо исследование неравновесных процессов и радиационных эффектов в перспективных материалах микроэлектроники, современной микро - и наноэлектроники, а также детекторов. Лаборатория ориентирована на разработку, создание и испытание научной аппаратуры космического назначения с учетом комплекса воздействий на компоненты бортовой электроники факторов космического пространства. При этом, передовые пучковые технологии (широкий диапазон энергий ионных пучков, пучки кластерных ионов, фокусировка ионного пучка, электронные пучки) находят широкое применение в микро - и наноинженерии, а также при изучении воздействия пучков заряженных частиц на биологические системы.

### **Электризация космических аппаратов потоками заряженных частиц Татаринцев А.А. физический факультет МГУ**

В космической среде потоки заряженных частиц могут быть разделены по происхождению на галактические космические лучи, солнечные космические лучи, излучение радиационного пояса земли и горячей магнитосферной плазмы. Такими заряженными частицами являются протоны и электроны, а также ядра гелия и более тяжелых элементов. Эти частицы имеют энергию от единиц кэВ до 1015 МэВ. Взаимодействие таких потоков с материалами космических аппаратов приводит к деградации разных свойств материала: прочностных, проводимости, оптических свойств и других. Кроме того, одним важным эффектом, обусловленным воздействием ионизирующих излучений космического пространства, является радиационная электризация диэлектрических материалов. Такая электризация приводит к электростатическому пробое, и выходу из строя, как чувствительной электроники, так и других компонентов космических аппаратов. В данном докладе рассмотрены основные виды космического облучения, а также процесс зарядки диэлектрических материалов космических аппаратов и лабораторные методы исследования процесса зарядки.

### **Физика и технология кластерных ионов Иешкин А.Е., физический факультет МГУ**

Потоки ускоренных ионов играют ключевую роль в технологических процессах создания и исследования приборов космического базирования, а так же при моделировании воздействия космической среды на такие приборы. Новым направлением исследований в этой области является изучение кластерных ионов. Кластерный ион представляет собой агрегат, содержащий от нескольких десятков до нескольких тысяч атомов и несущий заряд в одну или несколько единиц элементарного. При столкновении такого ускоренного иона с поверхностью создаются экстремальные условия и происходят процессы, не наблюдающиеся в случае традиционных атомарных ионов. В докладе будут рассмотрены некоторые особенности взаимодействия кластерных ионов с веществом и направления их практического использования.

**Адрес сайта школы-семинара – <https://events.sinp.msu.ru/event/6/>**

12 апреля 2022 года, с 17:00 до 19:30

<https://us02web.zoom.us/j/84864933066?pwd=OHN2TUNwU1pQNmhaTDM5ejRuR2hDUT09>

Идентификатор конференции: 848 6493 3066

Код доступа: 298273

### **СЕКЦИЯ M12A «АСТРОБИОЛОГИЯ»**

**Руководитель секции д.ф.м.н., профессор Твердислов Всеволод Александрович**

**«Важнейшие физические принципы возникновения и развития жизни как космического явления»**

**В.А.Твердислов, Е.В.Белова, О.Е. Багрова, М.В.Новождён**

**Физический факультет МГУ имени М.В.Ломоносова, кафедра биофизики**

Развивается концепция, согласно которой химизм известных нам земных форм жизни может быть уникальным, а принцип молекулярных машин, лежащий в основе всего живого – универсальным физическим принципом для всей Вселенной. Макромолекулы-машины, будучи в основе своей линейными полимерами, построены из гомохиральных мономеров: белки - из левых аминокислот, нуклеиновые кислоты – на основе правых сахаров рибозы и дезоксирибозы. Знакопеременная хиральная иерархичность сопряженных уровней макромолекулярных структур в белках и нуклеиновых кислотах имеет общебиологическую значимость: обуславливает их дискретность, служит инструментом фолдинга, структурной основой «выделенных механических» степеней свободы в конструкциях макромолекулярных машин.

**«Математический метод анализа полимерных структур с позиций хиральности»**

**Сидорова А.Э., \*Быстров В.А., Луценко А.О., Шпигун Д.К.**

**Физический факультет МГУ имени М.В.Ломоносова, кафедра биофизики, Институт математических проблем биологии РАН - филиал ИПМ им. М.В. Келдыша РАН**

Развивается гипотеза о симметричной основе формирования биомолекул в представлениях о фундаментальной роли хиральности в работе молекул-машин. Предполагается, что принцип универсален, независимо от химизма, для земных и неземных форм жизни. Конкретно работа посвящена рассмотрению закономерностей пространственного структурообразования в белках в ходе фолдинга и их применения в биоинженерии. Рассмотрено формирование знакопеременных хиральных иерархий в макромолекулярных структурах белков. Представлены авторские методы количественной оценки хиральности регулярных спиральных суперспиральных структур белков, а также нерегулярных структур белков. Анализируются особенности самосборки фенилаланина (F) в пептидные нанотрубки (PNT), образующие спирали различной хиральности, и предложен метод расчета величины и знака хиральности такой спиральной структуры.

**Адрес сайта школы-семинара – <https://events.sinp.msu.ru/event/6/>**

### **«Проблемы и перспективы космической криобиологии»**

**С.А.Яковенко**

**Физический факультет МГУ имени М.В.Ломоносова, кафедра биофизики,**

При длительных космических экспедициях возникают проблемы сохранения различных живых биологических объектов и семян в замороженном состоянии при низких температурах ( $-100^{\circ}\text{C} \div -270^{\circ}\text{C}$ ) в условиях космического пространства. В том числе такая необходимость возникает при колонизации Марса. С одной стороны условия в космическом пространстве имеют повреждающий характер для биологических систем, например, повышенная радиация, ультрафиолетовое излучение, «солнечный ветер», слабые защитные магнитные поля, возможные перегрузки, механические напряжения и вибрации. А с другой стороны, космос даёт нам уникальные преимущества и возможности для криобиологии. Так температура на теневой стороне космической станции опускается до  $-100^{\circ}\text{C} \div -200^{\circ}\text{C}$ , что позволяет криоконсервировать биологические объекты до температуры жидкого азота без использования жидкого азота, что значительно упрощает криохранение клеток. Наличие «дарового» высокоразреженного вакуума даёт возможность быстрой, простой и высококачественной лиофилизации клеток, при которой биологические объекты подвергаются глубокой дегидратации без денатурации белков. Обсуждаются прикладные и фундаментальные вопросы криобиологии, на которые на которые могут дать ответ эксперименты на космической орбитальной станции.

### **«Биофизические принципы формирования криопротекторных сред и выбора метода криоконсервации гамет для транспортировки в условиях длительных космических полетов»**

**Симоненко Е.Ю., Иванова А.А.**

**Физический факультет МГУ имени М.В.Ломоносова, кафедра биофизики,**

Одним из перспективных направлений современной биофизики и медицины является криоконсервация биологического материала (стволовых клеток, плазмы крови, гамет, эмбрионов и др.). Криобиология представляет собой не только фундаментальные исследования, но и несёт прикладное значение. Разработка криопротекторных сред для эффективной заморозки и хранения гамет и эмбрионов животных и человека является крайне актуальной прикладной задачей современной криобиологии, особенно для длительной транспортировки на дальние расстояния, например, в условиях космоса. Несмотря на то, что методы заморозки биоматериала активно развиваются, для некоторых типов клеток процент сохраненных жизнеспособных клеток после заморозки-разморозки остается низким. Работа посвящена изучению влияния различных компонент и условий заморозки на процесс кристаллообразования в криопротекторных средах с целью повышения эффективности криоконсервации клеток.

**Адрес сайта школы-семинара – <https://events.sinp.msu.ru/event/6/>**

## **«Роль полисахаридов в радиопротекции в условиях космических перелётов»**

**Е.А.Генералов**

**Физический факультет МГУ имени М.В.Ломоносова, кафедра биофизики,**

Одной из важнейших задач современной астробиологии, биофизики и медицины является создание условий для длительного нахождения организма человека в условиях повышенного радиационного фона, который сопутствует любым космическим перелетам. При этом, важно отметить, что данная задача имеет как сугубо прикладной смысл, так и фундаментальный научный. Методы повышения радиационной устойчивости в настоящий момент весьма разнообразны как по своей идеологии, так и по используемым молекулам. Одним из недооценённых классов биологических молекул с уже установленными радиопротективными свойствами являются полисахариды. Данная работа посвящена изучению влияния ионизирующего излучения на подопытных животных, методам их защиты и восстановления после воздействия, с использованием полисахаридов из различного растительного сырья (*Solanumtuberosum*, *Helianthustuberosus*, *Spirulinaplatensis* и др.).

**Адрес сайта школы-семинара –<https://events.sinp.msu.ru/event/6/>**

19 апреля 2022 года, с 17:30 до 19:30  
<https://bbb.distant.msu.ru/b/33t-7tk-ita-h94>

## СЕКЦИЯ «ДИАГНОСТИКА И МОДЕЛИРОВАНИЕ КЛИМАТИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ»

**Руководители секции:**

**академик РАН Мохов Игорь Иванович,  
д.ф.м.н., профессор РАН Елисеев Алексей Владимирович**

**«Климатическая модель ИФА РАН: современное состояние и основные результаты»**

**Елисеев Алексей Викторович**

**д.ф.м.н., профессор РАН, физический факультет МГУ, ИФА РАН;**

Климатическая модель Института физики атмосферы им. А.М. Обухова РАН (КМ ИФА РАН) включает в себя блоки, описывающие состояние атмосферы, океана, деятельного слоя суши, биогеохимические циклы, процессы, связанные с атмосферным электричеством и химией атмосферы. Она относится к классу климатических моделей промежуточной сложности и участвует в соответствующих международных проектах сравнения. Особенностью модели является параметризация синоптической изменчивости в атмосфере и океане, позволяющая уменьшить вычисления на два порядка. Модель достаточно реалистично воспроизводит изменения климата за период инструментальных измерений и используется для оценок прошлых и будущих изменений климата на десятилетнем и большем временных масштабах.

**«Временной лаг между изменениями глобальной температуры и содержания углекислого газа в атмосфере как характеристика причинно-следственной связи между ними»**

**Мурьшев Кирилл Евгеньевич,**

**кфмн, физический факультет МГУ, ИФА РАН;**

В докладе анализируется вопрос о возможности определения характера причинно-следственной связи между изменениями глобальной температуры  $T$  и содержания углекислого газа в атмосфере  $q$  по временному лагу между соответствующими временными рядами для  $T$  и  $q$ . Для случая динамической системы общего вида показывается принципиальная невозможность определить характер причинно-следственной связи между изменениями переменных по характеристикам рядов данных для них (в том числе по временному лагу) без привлечения тех или иных предположений о природе их взаимодействия. На примере простых моделей земной системы демонстрируются конкретные механизмы, при реализации которых  $T$  и  $q$  меняются таким образом, что изменения «опережающей» переменной являются следствием изменений «запаздывающей». Указанные эффекты проявляются в численных экспериментах с климатической моделью ИФА РАН.

**Адрес сайта школы-семинара – <https://events.sinp.msu.ru/event/6/>**

**«Опасные гидрометеорологические явления»**

**Суркова Галина Вячеславовна,**

**дгн, профессор, географический факультет МГУ**

В докладе будут представлены современные сведения об опасных гидрометеорологических явлениях на территории России, в частности в морях (Черное море, Каспийское море, Балтийское море, моря Российской Арктики), связанные с текущими и прогнозируемыми изменениями климата. Отдельное внимание будет уделено влиянию ветрового режима на формирование штормового волнения. Дополнительно будет обсуждаться диапазон температур, значимый для различных сфер экономики и жилищно-коммунального хозяйства, а также агрометеорологические показатели.

**«Система оперативного моделирования Северного Ледовитого океана на основе российской модели INMOM-Арктика и расчет распространения загрязнения в Норвежском море от придонного источника»**

**Дианский Николай Ардальянович,**

**дфмн, гнс, физический факультет МГУ**

Для воспроизведения текущего состояния и краткосрочного прогноза гидротермодинамики Северного Ледовитого океана (СЛО) и прилегающих к нему акваторий подготовлена версия российской  $\sigma$ -модели морской циркуляции INMOM (Institute of Numerical Mathematic Ocean Model) с пространственным разрешением  $\sim 3,7$  км (INMOM-Арктика). Для оценки радиационной угрозы от атомной подводной лодки (АПЛ) «Комсомолец», лежащей на северо-восточном свале Норвежского моря на глубине 1680 м, в связи с возможным выходом радионуклидов из реакторного отсека в прилегающую морскую воду, выполнены расчеты распространения радиоактивного загрязнения (РЗ) цезием-137 ( $^{137}\text{Cs}$ ) как пассивной примеси с помощью океанской модели INMOM (Institute of Numerical Mathematics Ocean Model). Расчеты показали, что в придонном слое РЗ, в основном, распространяется вдоль свала глубин к северу и югу от источника. Такая изменчивость направления переноса РЗ вызвана изменчивостью придонных скоростей течений, которая хорошо подтверждается данными измерений. С удалением от источника концентрация РЗ существенно уменьшается.

**Адрес сайта школы-семинара – <https://events.sinp.msu.ru/event/6/>**

19 апреля 2022 года, с 17:30 до 19:30  
<https://bbb.distant.msu.ru/b/jdc-hdc-gh0-dlj>

### СЕКЦИЯ М12Б «КОСМИЧЕСКАЯ БИОЛОГИЯ»

**Руководители секции:**

**Рубин Андрей Борисович, член-корреспондент РАН, Биологический факультет МГУ;**  
**Погосян Сергей Иосифович, профессор, Биологический факультет МГУ.**

**Вступительное слово**

Рубин А.Б., Погосян С.И.

**«Современные методы обработки изображений и сигналов в приложении к исследованию мозга и кровообращения»**

***Браже Алексей Рудольфович***

кбн, снс, Биологический факультет МГУ,

В настоящее время активно развиваются и становятся все более доступными оптические методы прижизненной регистрации активности клеток мозга, в том числе с генетически кодируемыми флуоресцентными метками; радикально возрастают объемы получаемых данных. Очевидна необходимость развития адекватных методов извлечения и интерпретации полезной информации из видеоизображений для расшифровки механизмов представления и преобразования информации в когнитивных системах. Методы обработки больших массивов изображений, в том числе мультиспектральных и динамических могут быть востребованы и при обработке спутниковых данных. При исследованиях в области космической биологии важны также неинвазивные методы оценки физиологического состояния человека и животных, например исследования флуктуаций локального кровотока периферических сосудов, где особенно актуальны современные методы анализа временных рядов, основанные на теории вейвлет-разложения и гауссовских случайных процессов. Современные нелинейные методы анализа временных рядов будут востребованы и в контексте поиска внеземных форм жизни.

**"Ксенобиология: модификация белков за счет трансляционного введения неканонических аминокислот"**

***Максимов Евгений Георгиевич***

кбн, внс, Биологический факультет МГУ,

Современные Земные организмы используют всего лишь 20 (канонических) аминокислот, в то время как набор синтетических (неканонических) аминокислот бесконечен. Аминокислоты являются строительными блоками белков, они определяют их структуру и функцию за счет межмолекулярных взаимодействий. Однако набор природных аминокислот ограничен, что очевидно является недостаточным даже для осуществления всего многообразия природных функций белков, и именно поэтому для функционирования многих белков и ферментов необходимы дополнительные кофакторы. В связи с этим дизайн белков de novo с заданными функциями на основе ограниченного набора элементов

**Адрес сайта школы-семинара –<https://events.sinp.msu.ru/event/6/>**

остаётся сложной задачей и часто сводится к копированию комбинаций природных белковых последовательностей. Однако расширение генетического кода и репертуара используемых аминокислот за счёт включения их синтетических аналогов способны решить эту проблему. Рациональный дизайн белков с неканоническими аминокислотами, основанный на квантово-химических расчётах, молекулярной динамике и расчёте сетей молекулярных взаимодействий позволяет перейти от стадии проб и ошибок стандартного рекомбинантного мутагенеза к управляемой гипотезами белковой инженерии. Это открывает новые возможности биотехнологического получения белков с принципиально новой функциональной активностью, в том числе для методов диагностики и терапии социально значимых заболеваний.

Современные Земные организмы используют всего лишь 20 (канонических) аминокислот, в то время как набор синтетических (неканонических) аминокислот бесконечен. Аминокислоты являются строительными блоками белков, они определяют их структуру и функцию за счёт межмолекулярных взаимодействий. Однако набор природных аминокислот ограничен, что очевидно является недостаточным даже для осуществления всего многообразия природных функций белков, и именно поэтому для функционирования многих белков и ферментов необходимы дополнительные кофакторы. В связи с этим дизайн белков *de novo* с заданными функциями на основе ограниченного набора элементов остаётся сложной задачей и часто сводится к копированию комбинаций природных белковых последовательностей. Однако расширение генетического кода и репертуара используемых аминокислот за счёт включения их синтетических аналогов способны решить эту проблему. Рациональный дизайн белков с неканоническими аминокислотами, основанный на квантово-химических расчётах, молекулярной динамике и расчёте сетей молекулярных взаимодействий позволяет перейти от стадии проб и ошибок стандартного рекомбинантного мутагенеза к управляемой гипотезами белковой инженерии. Это открывает новые возможности биотехнологического получения белков с принципиально новой функциональной активностью, в том числе для методов диагностики и терапии социально значимых заболеваний.

#### **«Функциональная диагностика фотосинтетического аппарата растений оптическими методами».**

***Конюхов Иван Владимирович***

кбн, снс, Биологический факультет МГУ

Факторы космического пространства. Одно- и многоклеточные фототрофные организмы как преобразователи световой энергии в энергию органических соединений. Универсальность первичных процессов фотосинтеза. Оптические методы для функциональной диагностики фототрофных организмов. Принцип работы и примеры использования флуоресцентной аппаратуры для изучения естественной физиологии растений и для изучения реакций растений при действии неблагоприятных факторов окружающей среды. Обсуждение возможности автоматизированной регистрации флуоресценции хлорофилла в опытах на Земле и в космосе. Демонстрация работы импульсно-модулированного флуориметра в краткосрочном опыте по действию высокой температуры на листе гороха.

**Адрес сайта школы-семинара – <https://events.sinp.msu.ru/event/6/>**

## **«Принципы молекулярного отбора на ранних стадиях эволюции»**

**Зленко Дмитрий Владимирович**

кбн, снс, Биологический факультет МГУ

Одной из загадочных особенностей живой материи является её строгая хиральность и относительно невысокое химическое разнообразие. Ключом к пониманию причин этих особенностей могло бы стать понимание принципов отбора на ранних стадиях химической эволюции. То есть необходимо явно указать признак, который обеспечил преимущество хирально-чистым молекулам на ранних стадиях эволюции. Хорошим кандидатом на роль такого признака можно считать способность некоторых веществ образовывать изометрические поликристаллические осадки, при осаждении из рацемических растворов, и образовывать сильно вытянутые супрамолекулярные спиральные волокна, при осаждении из хирально чистых растворов. Такими свойствами обладают некоторые биомиметические молекулы, а также аминокислоты. При кристаллизации из растворов с небольшой хиральной асимметрией, сначала в осадок выпадают рацемические изометрические поликристаллические агрегаты, что приводит к хиральной очистке раствора и, на последнем этапе кристаллизации, к образованию хиральных волокон. В силу различий в реологических свойствах, хиральные волокна и изометрические агрегаты могут быть легко разделены под действием ветра или течений. При этом способность к самоорганизации и формированию квазиодномерных спиральных волокон, можно рассматривать как преадаптацию к дальнейшему усложнению жизни. В самом деле, для биополимеров очень характерно образование спиральных структур, таких как двойная спираль ДНК или альфа-спирали белков. Естественно было бы предположить, что эволюционный процесс усложнения стартовал в среде, в которой уже существовали некоторые элементы будущих конструкций.

## **«Редокс-биология в космических исследованиях»**

**Байжуманов Адиль Ануарович**

кбн, снс, Биологический факультет МГУ

Для чего люди изучают и пытаются освоить космос? Константин Циолковский сказал, что - "Земля — это колыбель разума, но нельзя вечно жить в колыбели." А это значит, что перед биологами стоят новые вызовы. Это и изучение влияния длительных орбитальных и межпланетных полётов на биологические объекты, причем как на млекопитающих, так и на микроорганизмы и высшие растения, так как длительные космические перелеты и колонизация потребуют автономных систем жизнеобеспечения. Изучение влияния космических полетов на человека необходимо для профилактики влияния стресса из-за изоляции и гиподинамии во время межпланетного полета, длительной невесомости и облучения космическими лучами, а также их последующей терапии. Редокс-биология исследует различные заболевания человека, в патогенезе которых ведущую роль играет окислительный стресс, предлагает методы диагностики окислительного стресса и изучает характеристики антиоксидантной системы.

**Адрес сайта школы-семинара – <https://events.sinp.msu.ru/event/6/>**

## **«Молекулярные механизмы взаимодействия белков как индикатор эволюционного развития организмов»**

**Коваленко Илья Борисович**

дбн, внс, Биологический факультет МГУ

Вопрос происхождения, эволюции и распространение жизни на Земле – это один из основных вопросов астробиологии. Оказывается, в различных группах организмов, появившихся на разных этапах эволюции и в различных условиях – цианобактерий, зеленых водорослей, высших растений – элементарные молекулярные механизмы взаимодействия белков, которые обеспечивают функционирование электрон-транспортных цепей, различаются. Доступность простых соединений, в том числе металлов, влияла на этот процесс. Например, какой белок из альтернативных белков синтезировать (например, пластоцианин или цитохром *f*, ферредоксин или флаводоксин), зависит от биодоступности металлических элементов. Молекулярное моделирование является мощным инструментом для изучения механизмов взаимодействия белков. Мы применили его для детального изучения молекулярных механизмов процессов образования комплексов белков цитохрома *сб* и цитохрома *f* цианобактерий *Nostoc* и *Phormidium laminosum*, а также зеленой водоросли *Chlamydomonas*. Результаты работы позволяют глубже понять направленность и специфику эволюционных изменений белков на Земле, в том числе под действием космических факторов.

## **Исследование конформационных свойств цитохромов дыхательной цепи и редокс-состояния митохондрий нервных клеток и кардиомиоцитов в условиях *invitro*, *exvivo* и *invivo* при функциональных нагрузках, гипоксии и патологиях**

**Браже Надежда Александровна**

кбн, внс, Биологический факультет МГУ

Редокс-состояние митохондрий и, в первую очередь, активность дыхательной цепи (электронтранспортной, ЭТЦ) определяют эффективность и регуляцию синтеза АТФ, а также существенным образом влияют на образование активных форм кислорода (АФК) и развитие многих патологий. В связи с этим, для понимания фундаментальных механизмов адаптации митохондрий к изменяющимся условиям, особенно в новых ситуациях, сопряженных с повышенной умственной или физической активностью, гипоксией, стрессом и экстремальными условиями, необходимо изучение редокс-состояния митохондрий, механизмов регуляции активности дыхательной цепи, процессов инициации апоптоза, связанных с ЭТЦ и митохондриями.

Впервые для клеток мозга и кардиомиоцитов *invitro*, *exvivo* и *invivo* мы исследовали процессы регуляции редокс-состояния митохондрий и активности ЭТЦ за счет изменений конформации и функциональных свойств цитохромов, необходимых для обеспечения оптимальных условий синтеза АТФ в условиях функциональной нагрузки, стрессовых ситуациях, при физиологической и патологической гипоксиях, а также при инициации окислительного стресса. Нами были разработаны новые нанобиотехнологические подходы для изучения редокс-состояния митохондрий *invitro* и спектральные неинвазивные методы мониторинга клеток мозга в условиях *invivo*. Полученные данные о регуляции активности ЭТЦ и редокс-состоянии митохондрий являются важными для изучения влияния на нервную и кровеносную системы условий длительного и

**Адрес сайта школы-семинара – <https://events.sinp.msu.ru/event/6/>**

кратковременного космического полета, сопряженного с повышенной умственной нагрузкой, возможной гипоксией, стрессовыми ситуациями и функциональными нагрузками различного рода.

### **Проблемы космической генетики**

*Аслаян Марлен Мкртичович*

дбн, профессор, Биологический факультет МГУ

Обсуждаются данные по действию космофизических факторов на состояние генетического аппарата организмов по результатам космических экспериментов. Оценивается возможность имитировать действие невесомости, отсутствия магнитных полей, космических излучений разной природы на генетический аппарат. Рассмотрена роль космофизических факторов в процессах становления и эволюции живых систем.

Адрес сайта школы-семинара – <https://events.sinp.msu.ru/event/6/>

26 апреля 2022 года, с 17:30 до 19:30  
<https://bbb.distant.msu.ru/b/xqy-wva-qwj-jnt>

## СЕКЦИЯ «ФИЗИКА АТМОСФЕРЫ И БЛИЖНЕГО КОСМОСА»

### Руководители секции:

Мохов Игорь Иванович академик РАН, ИФА РАН, Физический факультет МГУ,  
Свертилов Сергей Игоревич, профессор, Физический факультет МГУ, НИИЯФ МГУ

### «Космические проекты Московского университета»

Сергей Игоревич Свертилов, профессор, д.ф.м.н., физический факультет МГУ, НИИЯФ

В рамках космической программы Московского университета ведутся работы по проекту «Универсат-СОКРАТ», направленному на создание системы космических аппаратов, позволяющих в режиме, близком к реальному времени, определять радиационную обстановку в значительной части околоземного пространства вплоть до орбит глобальных навигационных спутниковых систем и геостационарной, а также осуществлять мониторинг электромагнитных транзиентов в верхней атмосфере. В ходе выполнения первого этапа реализации проекта осуществлен запуск 8 космических аппаратов (КА) типа кубсат.

На сегодняшний день на околоземной орбите функционируют 5 таких КА, которые регулярно передают научную и телеметрическую информацию. Это спутники «Амурсат» и «ВДНХ-80» формата 3U, которые были выведены на орбиту 5 июля 2019 г. в качестве попутной полезной нагрузки с космодрома «Восточный», а также кубсаты формата 6U ДЕКАРТ и «Норби» (совместно с Новосибирским государственным университетом), кубсат «Ярило-2» формата 1.5U (совместно с Московским государственным техническим университетом им. Н.Э. Баумана), запущенные в качестве попутной полезной нагрузки с космодрома «Плесецк» 28 сентября 2020 г. Эти спутники функционируют на полярных орбитах высотой около 550 км и наклоном около 98°. На них установлена однотипная аппаратура типа ДеКоР для мониторинга космической радиации, на двух («ВДНХ-80» и ДЕКАРТ) установлен прибор «АУРА» для регистрации ультрафиолетового излучения атмосферы Земли.

Таким образом, впервые реализована уникальная мульти-спутниковая группировка, позволяющая проводить одновременные измерения потоков частиц и квантов с помощью однотипной аппаратуры в разных точках околоземного пространства. Такие измерения дают уникальную информацию о динамике потоков электронов суб-релятивистских энергий в околоземном пространстве. Помимо прикладных аспектов, связанных с задачей мониторинга космической погоды, такие измерения дадут важные данные, необходимые для понимания механизмов ускорения и потерь захваченных и квази-захваченных электронов. В 2022 и последующих годах планируется запуск новых спутников типа кубсат с усовершенствованной научной полезной нагрузкой.

**Адрес сайта школы-семинара – <https://events.sinp.msu.ru/event/6/>**

## **«Анализ и прогнозирование состояния околоземного космического пространства на основе спутниковых наблюдений»**

**КАЛЕГАЕВ Владимир Владимирович**

**д.ф.м.н., профессор, заведующий отделом космических наук НИИЯФ МГУ**

Космическое пространство является неотъемлемой частью природной среды, окружающей человека. Практическая деятельность человека в космическом пространстве, а также и на Земле (в первую очередь – в полярных и приполярных регионах) подвержена рискам, связанным с солнечной и геомагнитной активностью. Эффекты космической погоды также опасны, как и другие природные катастрофы: землетрясения, цунами, наводнения. Для предотвращения их воздействия на технологические системы, снижения риска возникновения чрезвычайных ситуаций при осуществлении космической деятельности требуется организация комплексного мониторинга состояния околоземного космического пространства на основе спутниковых и наземных инструментальных наблюдений.

### **«Пульсирующие полярные сияния по данным спутниковых и наземных измерений МГУ»**

**КЛИМОВ Павел Александрович,**

**к.ф.м.н., заведующий лабораторией НИИЯФ МГУ,**

В докладе представлены результаты измерений аврорального свечения с высоким временным разрешением, которые произведены детектором «ТУС» на спутнике «Ломоносов» и малым линзовым телескопом-спектрометром (МЛТ-С), установленном в 2021 году в обсерватории «Верхнетуломский» Полярного геофизического института (ПГИ).

Детектор «ТУС» представляет собой широкоапертурный УФ телескоп с площадью оптической системы 2 м<sup>2</sup> и временным разрешением от 0.8 мкс. За время работы прибора зарегистрировано более 60 событий с быстрыми пульсациями в авроральной зоне во время продолжительной геомагнитной активности. Проведен совместный анализ с данными спутниковых измерений потоков заряженных частиц и волновой активности.

МЛТ-С – компактный телескоп на основе многоанодных ФЭУ с шестнадцатиканальным спектрометром – работает одновременно с камерой всего неба ПГИ для регистрации тонкой пространственно-временной структуры излучения в центре поля зрения камеры с временным разрешением 2.5 мкс, 320 мкс и 40 мс. Оптическая система телескопа позволяет определять характерный размер пульсирующих пятен с разрешением менее 2 км. Прибор работает в непрерывном мониторинговом режиме в течение ночного времени суток. В докладе приведен анализ первых данных совместных наблюдений камеры и телескопа. Измеренные частоты пульсаций находятся в диапазоне 1-4 Гц, которые модулируют более медленные вариации свечения. Описанные измерения помогут объяснить механизмы возникновения высокочастотных пульсирующих полярных сияний.

**Адрес сайта школы-семинара – <https://events.sinp.msu.ru/event/6/>**

## **«Турбулентность пограничного слоя атмосферы: современное состояние теории и новые подходы»**

**Юшков Владислав Пролетарьевич,**

**к.ф.м.н., доцент, физический факультет МГУ, ИФА РАН**

Классическая теория турбулентности Колмогорова--Обухова требует глубокого понимания ограничений асимптотической теории и границ приближений: стационарности, однородности, изотропности, Тейлора и Буссинеска. В докладе будет представлен анализ ограничений, которые использует классическая гидродинамика при описании турбулентного перемешивания. На основании предлагаемых гипотез о взаимосвязи динамических и адиабатических флуктуаций даются численные оценки интенсивности и ширины спектра адиабатического шума и установлена эмпирическая связь скорости генерации адиабатических флуктуаций с дисперсией флуктуаций скорости звука в турбулентном пограничном слое. Показано каким образом корреляционными масштабы этих флуктуаций могут быть связаны с флуктуациями плотности и энтропии. С адиабатическими флуктуациями также связываются перемежаемость турбулентности и неопределённость измерения статистических характеристик. Теоретический аппарат предлагаемого подхода сопоставляется с известными подходами гамильтонова формализма и RNG/NPRG теории. Проведённые оценки также показывают, что во временных односточечных измерениях в аэродинамических трубах в области диссипации основной вклад в спектр могут давать адиабатические флуктуации, имеющие простое больцмановское распределение частот.

## **«Волновые ионосферные проявления взаимодействия литосферы, атмосферы и явлений в околоземном космическом пространстве»**

**Захаров Виктор Иванович,**

**к.ф.м.н., доцент, физический факультет МГУ, ИФА РАН, ИФЗ РАН**

Ионосфера Земли представляет собой открытую систему, на которую оказывает влияние как околоземное космическое пространство, так и процессы, протекающие в атмосфере и литосфере. В обзорном докладе представлены результаты исследований, проводимых на физическом факультете МГУ по выявлению волновых откликов в ионосфере на различные события солнечно-земной физики. Волны, порожденные различными процессами, в ионосферной плазме модулируют электронную концентрацию, что может быть выделено как дистанционными, так и in-situ наблюдениями. В докладе рассмотрены две методики наблюдений. Первая – GNSS- интерферометрия - основана на изучении сигналов различных навигационных систем в регионе мониторинга, по изменениям в которых и выделяют указанные возмущения. Вторая методика связана с непосредственными измерениями электронной концентрации зондами Ленгмюра, установленными на космическом аппарате. В докладе приводятся примеры волновых возмущений, связанных с солнечными вспышками и приходом в магнитосферу Земли корональных выбросов массы, землетрясениям, прохождением солнечного терминатора как «волны нагрева» в верхней атмосфере, тропическими тайфунами и циклонами и даже мегаполисом как крупными атмосферными турбулентностями. Обсуждаются параметры

**Адрес сайта школы-семинара – <https://events.sinp.msu.ru/event/6/>**

волновых структур и проблемы выделения указанных откликов на фоне «естественной» ионосферной изменчивости.

**«Фазоразностный подход к построению глобальных ионосферных карт TEC по данным GNSS»**

**Падохин Артем Михайлович, Андреева Елена Станиславовна, Назаренко Марина Олеговна к.ф.м.н., доцент, физический факультет МГУ, ИЗМИРАН**

В докладе представлен обзор методов построения глобальных ионосферных карт TEC по данным наземного распределенного приёма сигналов GNSS, используемых в основных ассоциированных центрах обработки данных международной службы IGS, а также предложен оригинальный метод построения глобальных ионосферных карт, основанный на фазоразностном подходе к исходным данным. К достоинствам предложенного метода стоит отнести то, что он не требует оценки дифференциальных кодовых задержек аппаратуры спутников и приёмников и использует в качестве входных данных только фазовые измерения на паре когерентных частот систем GNSS. Это позволяет легко использовать в рамках одного алгоритма данные различных GNSS. В докладе представлены результаты тестирования на данных синтезированных наблюдений, полученных для реальной геометрии спутников GNSS, приёмников IGS и ионосферы заданной на основе модели NeQuick2, а также приводятся результаты сопоставления реальных глобальных ионосферных карт, полученных предложенным методом и карт различных центров обработки, входящих в IGS.

**Адрес сайта школы-семинара – <https://events.sinp.msu.ru/event/6/>**

**Часть 2. «Фундаментальные исследования космоса» Май 2022 г.  
(в процессе формирования)**

**Адрес сайта школы-семинара –<https://events.sinp.msu.ru/event/6/>**