

# ЗА НАУКУ

ВЫХОДИТ С 1958 ГОДА

SAPERE AUDE

## ФИЗИКА ЖИЗНИ: СОВРЕМЕННАЯ БИОЛОГИЯ

BACKGROUND: СТАНИСЛАВ ПРОТАСОВ. РУССКИЙ СТИВ ВОЗНЯК

АКТУАЛЬНО: ЗА ЧТО ДАЛИ НОБЕЛЕВКУ ПО ХИМИИ?

STARTUP: ИСТОРИЯ ОДНОЙ ФИЗТЕШКИ



## ОТ РЕДАКЦИИ

Вы спросите: почему биология? Физтеху и физтехам свойственно отвечать на вызовы времени, решать сложные задачи, которые ставит перед наукой человечество. Люди XXI века хотят жить не просто долго, они стремятся понять секреты здорового долголетия, стареть красиво, а еще лучше — вообще не стареть. Этот вызов для науки вбирает в себя все: борьбу с заболеваниями (например, рак, болезни Паркинсона и Альцгеймера), улучшение или изменение некоторых функций человека посредством редактирования генома, создание нового рынка медикаментов, ведь то, что есть сейчас, себя давно исчерпало. И теперь становится понятно, что наука вышла на такой уровень, когда, занимаясь исследованиями в одной области, невозможно не принимать во внимание все остальные. Мультидисциплинарность — термин, который плотно и надолго войдет как в научную, так и в образовательную среду. Вероятно, самые важные и дерзкие открытия грядущего века будут принадлежать уже не физике, химии или биологии. Они будут принадлежать человеческому разуму — сегодняшнему объекту исследований множества специалистов, не знающих ни географических, ни научных границ.

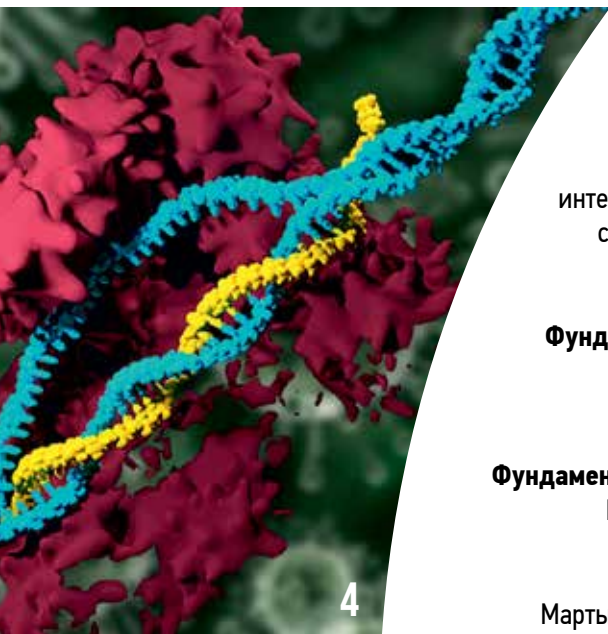
# СОДЕРЖАНИЕ

НОВОСТИ 4

Новости науки

Новости вуза

МОТИ в СМИ



4

**Главный редактор**

Анна Дзарахохова

**Научный редактор**

Татьяна Небольсина

**Дизайн и верстка**

Эмма Бурляева,

Елена Хавина,

Любовь Ярошинская

**Иллюстраторы**

Lion on helium

**Фотограф**

Евгений Пелевин

**Корреспонденты**

Любовь Антюфьева,

Лилия Артемьева,

Вячеслав Гарамов,

Анастасия Грачикова,

Алекс Гребнев,

Алёна Гурьева,

Мария Комарова,

Виктория Максимчук,

Вероника Рочева,

Алексей Тимошенко,

Олег Фея,

Елена Хавина,

Ксения Цветкова

**Корректор**

Юлия Болдырева

**Цветокоррекция и пре-пресс**

Максим Куперман

РЕЙТИНГИ 10

МОТИ в движении

КРУПНЫМ ПЛАНOM 12

Портативная технология  
интерактивного взаимодействия  
с плоскими поверхностями

ОТКРЫТО 14

Фундаментальная наука

Неметаллические  
полуметаллы

Фундаментальная наука

Волновой микс

Генетика

Мартышки и вирус:  
миллион лет вместе

22

Генетика

Атлас микро-РНК

Технологии

Золотые пленки

Моделирование

Что общего между раком  
и телефоном

32

ГЛАВНОЕ 26

Физика жизни:  
современная биология

Срез времени

Разговоры за жизнь

Где на Физтехе занимаются биологией

Мультидисциплинарное  
образование: объять необъятное?

ИНТЕРВЬЮ 44

Как это устроено: Nature Nanotechnology

В ТРЕНДЕ 46

МОТИ на связи



## 48 СВОИМИ ГЛАЗАМИ

Искусство модифицировать  
Лаборатория геномной  
инженерии



38

## 50 АКТУАЛЬНО

Холодный взгляд биофизики:  
криоэлектронная микроскопия  
в поисках белковой структуры

## 52 ЛАБОРАТОРИЯ

Вошли в историю

## 56 STARTUP

Eventify your life!

## 58 ПОЛНЫЙ ВПЕРЕД

Иван Гуцин

## 60 BACKGROUND

«Человеческой  
трудоспособности  
нет предела»  
Станислав Протасов,  
сооснователь компании  
Acronis

## 62 ФИЗТЕХИ ФИЗТЕХУ

Вклад в будущее

## 64 ОБРАЗОВАНИЕ

Тот или не тот: сильные  
и слабые стороны  
образования на Физтехе

## 68 НАУЧНЫЕ РАЗОБЛАЧЕНИЯ

О дивный РНК-мир

## 70 РАЗБОР ПОЛЕТОВ

Киберпанк возвращается

## 72 ФОТОХРОНИКА



64



52



60

### Ректор МФТИ

Николай Кудрявцев

### Директор по развитию

Виталий Баган

### Начальник

### пресс-службы МФТИ

Алёна Гуцаисова

### Экспертный совет

Фазоил Атауллаханов,

Марк Бородовский,

Павел Волчков,

Артём Жмуров,

Сергей Леонов,

Александр Мелерзанов,

Филипп Орехов,

Игорь Попов

### e-mail редакции:

zn@phystech.edu

### Подписано в печать

14.12.2017

Тираж 999 экз.

### Отпечатано в типографии

«Сити Принт», г. Москва,  
ул. Докукина, 10/41

Перепечатка материалов  
невозможна без письменного  
разрешения редакции журнала.

Мнения и высказывания,  
опубликованные в материалах  
журнала «За науку», могут  
не совпадать с позицией  
редакции.

### На обложке:

«Brainbow» Cortex. 2007 // HM  
// Dr. Family Weissman // Dr. Jeff  
Lichtman Laboratory, Harvard  
University // Cambridge, MA,  
USA. Изображение любезно  
предоставлено Olympus  
BioScapes Competition

## ЕСТЬ ЛИ ЖИЗНЬ НА ЭНЦЕЛАДЕ

Российский миллиардер Юрий Мильнер рассказал о планах по отправке первой частной межпланетной миссии к Энцеладу — спутнику Сатурна — в поисках следов внеземной жизни. На данном этапе профинансировано лишь исследование по оценке возможности такой миссии — уже прошли совещания рабочей группы проекта. Согласно данным, собранным аппаратом «Кассини», в глубинах подледного океана Энцелад могут существовать условия, очень похожие на раннюю Землю. Зонд обнаружил в гейзерах спутника следы метана и водорода, предположительно возникших в ходе гидротермальных процессов в океане. Эти же процессы могут обеспечить энергией гипотетические живые организмы.

«Кассини» и гейзеры Энцелад в представлении художника. Источник: NASA / JPL-Caltech



## «ИСКУССТВЕННЫЙ ОРГАНИЗМ», А НЕ ИИ

В ноябре в Цюрихе прошло официальное открытие фонда Mindfire, созданного с целью «расшифровать ум» человека и способствовать развитию искусственного интеллекта. Mindfire призван объединить величайшие умы в мире для того, чтобы «создать машину с интеллектом на человеческом уровне, когда она не только осознает себя, но и способна делать то же, что и люди». Ключом к этому достижению, по мнению президента фонда Паскаля Кауфмана, является то, что исследователи называют «мозговым кодом». Суть заключается в расшифровке принципов работы мозга и выведении определенных алгоритмов, на которых строится вся его деятельность. Кауфман отвергает идею того, что мозг похож на глубокую нейросеть, и сравнивает его с колонией муравьев, где все клетки работают сообща, управляемые мозговым кодом. Основатели Mindfire считают термин «искусственный интеллект» устаревшим и придумали ему замену — «искусственный организм» (artificial organism).

# 578 811

*просмотров собрала за месяц, с момента публикации в открытом доступе, диссертация Стивена Хокинга «Свойства расширяющейся Вселенной», написанная им в 24 года в 1966 году*

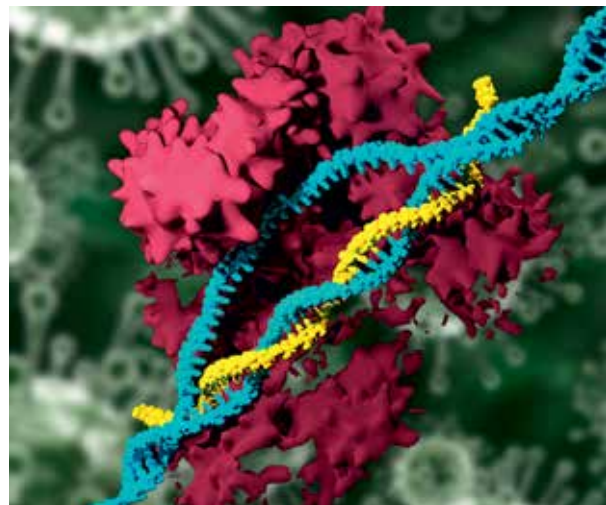
## УПАКОВКА ИЗ НАНОЧАСТИЦ

Специалисты Массачусетского технологического института разработали новый способ доставки инструмента генетического редактирования CRISPR к месту назначения в геноме. Вместо вирусов, которые могут вызывать сопротивляемость организма, они использовали наночастицы и добились наилучших результатов в опытах с животными.

Ученые смогли полностью отказаться от использования вирусов, упаковав Cas9 и РНК в наночастицы и доставив их в печень взрослой мыши, где они вырезали намеченные гены примерно у 80% клеток печени. Это лучший результат, которого когда-либо достигала технология CRISPR в опытах на взрослых животных. Целью эксперимента был ген Pcsk9, регулирующий уровень холестерина и связанный с некоторыми расстройствами, из-за которых накапливается вредный холестерин.

## ХРОМОСОМНЫЕ УЗЛЫ

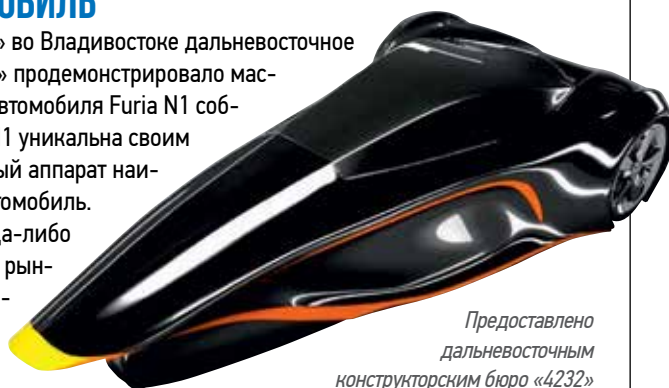
Ученые из Германии и Великобритании проанализировали данные, полученные путем моделирования нитей полимеров, и пришли к выводу, что хромосомы могут спутываться и образовывать узлы. «Ранее невозможно было определить, действительно ли хромосомы завязываются в узлы, потому что не было достаточно точного представления об их трехмерной структуре», — рассказал один из авторов работы, исследователь из Майнцского университета Питер Вернау. Ученые расширили имеющуюся модель хромосом и соединили концы каждой из них. После этого они смогли настроить алгоритм на поиск «узлов». Вычисления показали, что они могут образовываться на хромосомах. По мнению авторов работы, в то время как спутанность между несколькими хромосомами мешает «снятию» генетической информации, узлы, в которых участвует лишь одна нить, таким препятствием не являются.



Источник: MIT News

## ЛЕТАЮЩИЙ АВТОМОБИЛЬ

На форуме «Русский MeetUp» во Владивостоке дальневосточное конструкторское бюро «4232» продемонстрировало масштабный макет летающего автомобиля Furia N1 собственной разработки. Furia N1 уникальна своим дизайном — этот летательный аппарат наиболее похож на обычный автомобиль. Все остальные образцы, когда-либо представленные на мировом рынке, скорее похожи на самолеты или вовсе на какие-нибудь мультикоптеры.



Предоставлено  
дальневосточным  
конструкторским бюро «4232»

## ЭВОЛЮЦИЯ ПРОДОЛЖАЕТСЯ...

Эволюция живых организмов, в том числе человека, не прекращается, даже если вид максимально приспособлен к окружающей среде. Международная группа ученых изучала колонии кишечной палочки (*Escherichia coli*). Измеряя скорость размножения бактерий, ученые отслеживали эволюционные изменения за несколько десятков лет, начиная с 1988 года. Появление новых мутаций у бактерий не прекратилось до сих пор, хотя и замедлилось во всех подопытных популяциях. Мутации привели к тому, что бактерии стали крупнее и научились быстрее усваивать питательные вещества. Специалисты отмечают, что микроорганизмы демонстрируют максимальную приспособленность к окружающей среде, однако в них продолжают протекать генетические процессы, приводящие к появлению новых признаков. Ученые считают, что их выводы применимы не только к бактериям, но и к многоклеточным организмам вплоть до человека.



Источник: Science Photo Library

Бабочка  
*Pachliopta  
aristolochiae*.  
Источник:  
Tamaghna  
Sengupta /  
Wikimedia  
commons



## КАК КРЫЛО БАБОЧКИ

Группа ученых из США и Германии предложила новый тонкий светопоглощающий материал для солнечных батарей, используя в качестве прообраза его микроструктуры крыло черной бабочки *Pachliopta aristolochiae*. Эта бабочка известна тем, что может изменять интенсивность поглощения света и управлять таким образом своей терморегуляцией. При этом эффективность поглощения солнечного света практически не зависит

от угла его падения. Ученые исследовали микроструктуру верхней и нижней поверхностей крыла бабочки и зависимость интенсивности поглощения от длины волны. Оказалось, что эти поверхности, во-первых, достаточно сильно отличаются друг от друга, а во-вторых, подобно листьям лотоса, имеют иерархическую структуру с особенностями рельефа как на микро-, так и наномасштабах. Основная поглощающая свет структура состоит из системы цилиндрических полостей разного диаметра. Для того, чтобы повысить диапазон углов падения поглощаемого света, над системой полостей находится массив параллельных тонких лопастей, направленных под углом к поверхности крыла. Такие образования отражают свет, направляя его внутрь полостей. В результате во всем видимом диапазоне эффективность поглощения превышает 90% и остается довольно высокой также в ближней инфракрасной области.

## «ЭГОИСТИЧНЫЙ» МОЗГ

Известно, что человеческий мозг дорого обходится организму: он потребляет 20–25% энергии всего тела. Но мышечная система тоже требует не менее 20% энергии. Ученых заинтересовало, как человеческий мозг и мышцы «делят» общую для всех клеток организма глюкозу. Исследователи из Кембриджа предположили, что ответ можно найти, если одновременно «нагрузить» и разум, и мышцы человека. Та система, которая меньше потеряет в производительности, и будет

приоритетной. Чтобы это выяснить, ученые неделю обследовали 62 студентов в возрасте 21 года. Все молодые люди были спортсменами-гребцами. В первой части исследования юноши три минуты гребли на тренажере-эргометре. Во второй части — вспоминали слова из списка в 75 слов, который им показывали в течение трех минут. В третьей части исследования студенты три минуты гребли и одновременно вспоминали слова. Под действием двойной (физической и умственной) нагрузки уменьшилась как физическая

работоспособность молодых людей, так и число слов, которые они сумели запомнить. Однако снижение производительности мозга и мышц у студентов оказалось разным: если эффективность работы мышц уменьшилась на 12%, то умственная эффективность упала всего на 9,7%. Исследование подтвердило теорию «эгоистичного» мозга, который в первую очередь «думает» о своих потребностях и только потом уделяет энергию мышцам и внутренним органам. Исследование опубликовано в журнале Nature.



## ДРУЖИМ С НИ

Физтех запустил цикл семинаров по искусственному интеллекту AI@MIPT. В ходе обсуждений рассматриваются различные темы мира машинного обучения и технологического предпринимательства: как и почему интеллектуальные системы станут доминирующей частью нашей жизни и экономики в ближайшие годы, какие инициативы и проекты развиваются за рубежом, тренды рынка и как их создавать, что можно разрабатывать вместе с командами лабораторий МФТИ уже сейчас и как втянуться в союз и сотрудничество с «умными» машинами.



*Сборная России и нобелевский лауреат по физике Константин Новосёлов*

## ОЛИМПИЙСКОЕ ЗОЛОТО

Сборная команда российских школьников в составе шести человек завоевала 6 золотых медалей на международной естественнонаучной олимпиаде юниоров IJSO. Школьник Григорий Бобков занял абсолютное первое место. Кроме него, обладателями наград стали москвичи Илья Панов и Никита Чернов, жители Вологды Михаил Матвеев и Елисей Судаков, а также Тимур Давлетбаев из Саранска. Олимпиада проходила в Нидерландах, участие в ней приняли школьники из 48 стран.

Подготовка российской сборной велась под руководством заведующего учебно-методической лабораторией по работе с одаренными детьми МФТИ Валерия Слободянина. Совместно с преподавателем МФТИ Леонидом Колдуновым он занимался подготовкой ребят в области физики. По химии сборную тренировали преподаватели Физтеха Максим Каркешкин и Елена Снигирёва, по биологии — учитель школы № 192 Игорь Киселёв и студент МФТИ Айнура Максұтов.



## ВНЕСТИ ВКЛАД

На IV ежегодной конференции выпускников ректор МФТИ Николай Кудрявцев рассказал о результатах работы Фонда целевого капитала, объявил о старте фандрайзинговой кампании «С днем рождения, Физтех!» и сделал вклад в размере одного миллиона рублей. Призыв ректора поддержали ученые и бизнесмены, выступавшие на пленарном заседании: Лев Зелёный, Сергей Чернышёв и Дмитрий Аксёнов, которые обязались внести свой вклад в Фонд.

**«Арктика для нас, как в свое время космос для Советского Союза, — это возможность решать труднейшие задачи, в которых Физтех всегда был особенно силен»**

*Николай Кудрявцев, ректор МФТИ*



## ПОБЕДИТЕЛИ РЕГИОНА

В декабре состоялся полуфинал международного студенческого чемпионата мира по программированию ACM ICPC — Northern Eurasia Regional Contest. Абсолютным лидером полуфинала NEERC стала команда МФТИ Cryptozoology в составе Александра Останина, Александра Голованова и Никиты

Уварова. Тренер команды — Михаил Тихомиров, руководитель — Алексей Малеев. Первое место в полуфинале чемпионата студенты МФТИ занимают впервые. Еще две команды МФТИ заняли 5 и 6 места. По итогам соревнования в финал прошли 16 команд, все они поедут на финал, который состоится 15–20 апреля в Пекине.



## МФТИ В ЛИДЕРАХ

В Екатеринбурге прошло десятое заседание Совета Проекта 5–100 под руководством заместителя председателя Правительства Российской Федерации Ольги Голодец. Члены совета рассмотрели планы мероприятий по реализации программ повышения конкурентоспособности вузов — участников Проекта 5–100 на 2018–2020 годы. Особое внимание было уделено анализу достигнутых университетами результатов участия в программе и наличию четкой системы приоритетов развития. По итогам работы совета было принято решение сохранить места в проекте 21 университету. Вузы-участники были разделены на три группы, причем МФТИ вошел в группу лидеров. Помимо Физтеха, в первую группу Проекта 5–100 вошли НИУ ВШЭ, Университет ИТМО, НИЯУ МИФИ, НГУ, НИТУ «МИСиС» и ТГУ.



## ЮБИЛЕЙНАЯ

В конце ноября прошла 60-я научная конференция МФТИ. На пленарном заседании Константин Новосёлов, нобелевский лауреат по физике 2010 года и выпускник ФФКЭ 1997 года, рассказал о будущем двумерных материалов; визит-профессор Антонио дель Соль Меца — об исследованиях стволовых клеток и регенеративной медицине, а заведующий лабораторией фундаментальных и прикладных исследований релятивистских объектов Вселенной (МФТИ) Юрий Ковалев — о современных результатах и захватывающих перспективах изучения ядер галактик. Также в рамках мероприятия были представлены научные доклады, соответствующие исследовательским направлениям Физтех-школ.

## ФИЗТЕХ.АРКТИКА

В МФТИ был торжественно открыт новый учебно-лабораторный корпус Физтех.Арктика. В нем расположатся лаборатории Института арктических технологий МФТИ, а также Инжиниринговый центр по трудноизвлекаемому полезным ископаемым. Помимо лабораторных помещений, в корпусе также планируется расположить современные учебные классы и офисные помещения для технологических компаний, которые выступят партнерами института в рамках реализации Арктической программы.



## В СПИСКЕ МИНОБРА

Минобрнауки России утвердило список состязаний школьников на 2017–18 учебный год, победители и призеры которых могут претендовать на получение гранта Президента РФ в статусе студентов. В данный перечень вошли три олимпиады, которые организует МФТИ: открытая химическая олимпиада, олимпиада школьников «Физтех» по математике и олимпиада школьников «Физтех» по физике.

## ПОБЕДЫ

### XXX МОСКОВСКИЕ СТУДЕНЧЕСКИЕ СПОРТИВНЫЕ ИГРЫ ПО ПАРУСНОМУ СПОРТУ

#### Первое место

Команда МФТИ: Анатолий Козлов (ФИБТ), Дмитрий Негримовский (ФУПМ), Анна Кудрявцева (ФОПФ), Никита Рогальский (ФАКИ), Евгений Егоров (ФИБТ) и Никита Тришин (ФАКИ)

### КОНКУРС ГРАНТОВ ПРЕЗИДЕНТА РФ МОЛОДЫМ УЧЕНЫМ

Андроник Арутюнов, Алексей Ефимов, Алексей Зарецкий, Алёна Фаворская, Дмитрий Федянин, Людмила Прохоренкова, Николай Хохлов

### КОНКУРС ИННОВАЦИОННОЙ ЖУРНАЛИСТИКИ «TECH IN MEDIA»

#### Второе место в номинации «Лучшая передача, телевизионный или радиосюжет» на тему «Искусственный интеллект»

Команда Физтех. Science: Михаил Ерохин, Константин Давыдов, Ася Шепунова, Борис Матвеев, Георгий Родин, Максим Кузнецов и Джамибек Исмаилов

### БЛОКЧЕЙН-ХАКАТОН LATOKEN

#### Первое место

Команда МФТИ: Илья Соломатин (ФУПМ), Виталий Занкин (ФРТК), Павел Лысенко (ФРТК)

### НЕФТЕГАЗОВАЯ ТЕХНИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ «SOCIETY OF PETROLEUM ENGINEERS»

#### Первое место

Ян Невмержицкий (ФАКИ)

### ПРЕМИЯ «СДЕЛАНО В РОССИИ»

#### Спецнаграда в номинации «Наука и технологии»

Максим Никитин, заведующий лабораторией нанобиотехнологий

### МОСКОВСКИЙ ЭТАП АСМ ICRC

#### Первое место

Команда Moscow IPT CRYPTOZOLOGY: Александр Останин (ФИБТ), Александр Голованов (ФИБТ) и Никита Уваров (ФУПМ), тренер Михаил Тихомиров. **Третье место** Команда Shock Content: Илья Степанов (ФИБТ), Андрей Сергунин (ФИБТ), Евгений Белых (ФИБТ)

### ПРЕМИЯ ГОРОДА МОСКВЫ В ОБЛАСТИ МЕДИЦИНЫ

Елена Петерсен, доцент департамента молекулярной и биологической физики

### ВСЕРОССИЙСКАЯ ОЛИМПИАДА ПО ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ МЕХАНИКЕ

#### Первое место в командном зачете теоретического тура

Команда МФТИ (ФОПФ): Александр Артемьев, Максим Елисеев, Василий Югов, Кирилл Перминов

### III ЕЖЕГОДНЫЙ МЕЖДУНАРОДНЫЙ КОНКУРС АНАТОМИЧЕСКОГО РИСУНКА

**Лауреат конкурса** Беатриса Римская, студентка медицинской группы ФБМФ

### ПРЕМИЯ РУНЕТА

**Лауреат в номинации «Наука и образование»** Лекторий МФТИ

N+1

**«НАДЕЮСЬ ОТКРЫТЬ БОЛЕЕ ИНТЕРЕСНЫЙ МАТЕРИАЛ, ЧЕМ ГРАФЕН»**

Открытие графена произошло уже более десяти лет назад, а Нобелевскую премию за его открытие Андрей Гейм и Константин Новоселов получили еще в 2010 году. Но несмотря на то, что графен уже используется в некоторых устройствах, пока он не так сильно изменил нашу жизнь, как многие ожидали. О том, почему это так и какие новые двумерные материалы появились вслед за графеном, N+1 вместе с коллегами из «Известий», РИА Новости и «Популярной механики» побеседовал на 60-й научной конференции МФТИ с выпускником Физтеха, Нобелевским лауреатом Константином Новосёловым.

*Правила жизни Константина Новосёлова читайте в «За науку» № 2, 2017*

ВЕСТИ.RU

**РОССИЙСКИЕ УЧЕНЫЕ ПРЕВРАТИЛИ ЛИШАЙНИКИ В «СТАНЦИИ» КОНТРОЛЯ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ВОЗДУХА**

Исследователи из МФТИ создали шкалу соотношения концентрации радикалов в составе лишайников с экологическим состоянием воздуха. Этот подход позволит избежать долгих замеров, чтобы определить уровень загрязнения атмосферы и выявлять опасные для жизни человека зоны. <...> «Мы доказали, что метод спектроскопии электронного парамагнитного резонанса применим для оценки состояния окружающей среды на территории городов, поскольку изменение концентрации радикалов в составе лишайников определяется качеством атмосферного воздуха», — рассказывает соавтор работы Светлана Журавлёва.

**НАУКА И ЖИЗНЬ®****НЕПРОЗРАЧНАЯ ПРОЗРАЧНОСТЬ**

Физики из МФТИ, ИТМО (Санкт-Петербург) и Техасского университета (США) теоретически обнаружили крайне необычный оптический эффект: при определенных условиях материал, который не обладает поглощением, должен поглощать свет. Статья об этом опубликована в журнале «Optica».

**РОССИЙСКИЕ ФИЗИКИ ВЫЯСНИЛИ, ПОЧЕМУ НАНОТРУБКИ ХОРОШО ПРОВОДЯТ ТОК**

Физики из МФТИ и институтов РАН нашли объяснение тому, почему нанотрубки из углерода проводят ток так же хорошо, как это делают металлы, говорится в статье, опубликованной в журнале Carbon.

**ЛАБОРАТОРИИ ИДУТ В КАМПУС: ОПЫТ ФИЗТЕХА ПО ИНТЕГРАЦИИ НАУКИ В ОБРАЗОВАНИЕ**

Как МФТИ интегрирует науку в образовательный процесс, какую роль в этом играют новые лаборатории и в чем инфраструктура Физтеха лучше американских университетов, в своей колонке для Indicator.Ru рассказывает ректор вуза Николай Кудрявцев.

**ВЕДОМОСТИ****ЗАЧЕМ РОССИИ ГРАФЕН**

Физики Алексей Арсенин и Юрий Стебунов о том, почему все еще не поздно включиться в гонку технологий: «Свойства этого материала открывают новые возможности для фундаментальных исследований, однако конкретно в случае графена особенно интересны их коммерческие перспективы. Значительный рост числа патентов, в которых предлагается использовать графен, говорит о том, что мир уже вступает в эру применения новых материалов».

**ИЗВЕСТИЯ****ДРОН ОТЫЩЕТ ВЗРЫВЧАТКУ ПО ЗАПАХУ**

Российские ученые из инновационного центра «Сколково», Московского физико-технического института и других организаций разработали систему для выявления взрывчатки и отравляющих веществ в зонах боевых действий. Они установили на дрон миниатюрный масс-спектрометр. Беспилотник-«нюхач» уже прошел испытания. По словам экспертов, применение такой техники сохранит жизни военнослужащих и гражданского населения в ходе и после боевых действий.

мел

**«ОЛИМПИАДЫ ДЛЯ ШКОЛЬНИКОВ — ЭТО ПРЕЖДЕ ВСЕГО ПРО СПОРТ, А НЕ ПРО НАУКУ»**

Сборы, соревнования, отборочные туры на Физтехе и поездка в «Сириус» в феврале. Так выглядит расписание детей, которые участвуют в олимпиадах. В эфире «Радиошколы» на радио «Говорит Москва» тренер российской сборной по физике, доцент кафедры общей физики МФТИ Валерий Слободянин рассказал, как готовят участников «международки».

# Газета.ru

## ПОБЕДИТЬ СТАРЕНИЕ ВОЗМОЖНО

<...> в журнале PNAS вышла статья американских биологов, которые доказывают, что остановить старение организма принципиально невозможно. Заключение авторов работы вызвало споры среди ученых. Среди тех, кто ставит результаты исследования под сомнение, оказались и сотрудники российской биотехнологической компании Гего (резидент кластера биомедицинских технологий Фонда «Сколково»), которая разрабатывает терапевтические подходы для продления жизни. О том, почему не стоит доверять категоричности выводов, означает ли победа над старением бессмертие и почему необходимо продолжать исследования старения, рассказал заведующий лабораторией моделирования живых систем МФТИ, научный директор компании Гего Петр Федичев.



## ПОЛИТ.РУ

## МАТЕМАТИКИ ИЗУЧАЮТ ЗАКОНЫ ИНФОРМАЦИОННОЙ ВОЙНЫ

Группа ученых из Московского физико-технического института совместно с коллегами из Института прикладной математики им. М. В. Келдыша РАН и МГУ им. М. В. Ломоносова построила математическую модель информационного противоборства в обществе при периодическом дестабилизирующем воздействии. Авторам удалось аналитически решить не исследованную ранее задачу: они впервые определили, каким образом периодически усиливающаяся пропаганда в СМИ со стороны одной из конкурирующих групп способна вывести из равновесия сложившееся соотношение двух противоборствующих сторон. Также был проведен иллюстрирующий модель численный эксперимент.



## РОССИЙСКИЕ АЗРОБОТЫ БУДУТ ИСКАТЬ ЛЮДЕЙ

Коптеры могут сами будут принимать решения и помогут спасателям искать пострадавших во время природных катаклизмов и техногенных катастроф. Проект по созданию умных коптеров — азроботов — реализует одна из лабораторий МФТИ, а финансирует и курирует проект Фонд перспективных исследований.



## В СОЧИНСКОМ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОМ ЦЕНТРЕ «СИРИУС» МФТИ И MAIL.RU GROUP ОТКРЫВАЮТ НОВУЮ УЧЕБНУЮ ПРОГРАММУ

Mail.Ru совместно с Центром развития ИТ-образования (ЦРИТО) МФТИ впервые запускают зимнюю сессию по классическому программированию и мобильной разработке на базе образовательного центра «Сириус» в Сочи, сообщает пресс-служба образовательных проектов Mail.Ru Group.



## ЗЕЛЕННЫЕ МАРТЫШКИ НАУЧИЛИСЬ ЖИТЬ С ВИРУСОМ ИММУНОДЕФИЦИТА

Международная группа ученых, в которую вошел и наш соотечественник из МФТИ Василий Раменский, изучила генетику зеленых мартышек и выявила, когда они заразились вирусом иммунодефицита обезьян (ВИО). Поскольку эти животные давно научились жить с ВИО и при этом не болеть, данные о нем помогут выявить стратегии «мирной» борьбы с вирусом иммунодефицита человека (ВИЧ). Соответствующая статья опубликована в научном журнале Nature Genetics.

*Подробнее читайте на стр. 18*



## МФТИ ПОПАЛ В ТОП-50 ВСЕМИРНОГО РЕЙТИНГА ПО ФИЗИЧЕСКИМ НАУКАМ

МФТИ совершил рывок на 30 позиций и занял 48-ю строчку в новом рейтинге The Times Higher Education по физическим наукам. Он обогнал престижные иностранные вузы — Университет Британской Колумбии, Пенсильванский университет и др.

*Подробнее читайте на стр. 10*



ИНФОРМАЦИОННОЕ АГЕНТСТВО РОССИИ

## «ШВАБЕ» ГОТОВИТ МОЛОДЫХ СПЕЦИАЛИСТОВ СОВМЕСТНО С МФТИ

Холдинг «Швабе» реализует программу подготовки высококвалифицированных кадров в рамках сотрудничества с Московским физико-техническим институтом (МФТИ). <...> «Мы гордимся нашим длительным сотрудничеством с МФТИ. Еще в 1964 году на факультете физической и квантовой электроники университета была создана базовая кафедра «Физическая электроника», целенаправленно занявшаяся подготовкой научных кадров в области полупроводниковой фотоэлектроники. С того времени так повелось, что руководители государственного научного центра и его подразделений также являются сотрудниками данной кафедры. Такая тесная связь позволяет нам готовить лучших специалистов для развития микрофотоэлектроники в России», — сообщил генеральный директор НПО «Орион» Евгений Чепурнов.

# МФТИ В ДВИЖЕНИИ

*В ноябре 2017 года Физтех вошел в топ-50 рейтинга ТНЕ по физике и занял 48 место, поднявшись на 30 пунктов по сравнению с прошлым годом. По словам главного редактора рейтинга Фила Бейти, это самое значимое улучшение позиции в сотне за всю историю существования рейтинга.*

Всего в рейтинг, состоящий из 500 позиций, попали 10 российских университетов. Вторым в сотне стал НИЯУ МИФИ — на 89 месте. И Физтех, и НИЯУ МИФИ известны сильным физическим образованием еще со времен советского периода: оба вуза, не имея широкого спектра образовательных направлений, за счет известного бренда и репутации в области физических наук занимают высокие позиции не только в предметном, но и в общих рейтингах.

*«Преподавание физических наук — традиционное одно из самых сильных направлений отечественной высшей школы, признаваемое в мировом научном сообществе, что отчетливо показывает вышедший всемирный рейтинг Times Higher Education по направлению “Физические науки”, куда вошло сразу 10 российских вузов»,* — комментирует министр образования и науки Ольга Васильева.

В первой десятке традиционно обосновались вузы США и Великобритании: Принстон, Гарвард, Стэнфорд, Массачусетский университет и Кембридж, исключение — Швейцарская высшая техническая школа Цюриха, которая идет на 8-й строчке.

Физтех обошел многие престижные университеты, в том числе Университет Британской Колумбии, Мельбурнский университет, Университет штата Пенсильвания и Берлинский университет имени Гумбольдта. Результат подтверждается попаданием в топ-50 сразу двух рейтингов по физике одновременно. Кроме ТНЕ, в марте 2017 года МФТИ занял 42-е место в QS Physics. Два самых авторитетных мировых рейтинга, по сути, признали Физтех первым вузом России в области физики, и то, что оба они имеют разные методики подсчета и совершенно разные аудитории опрашиваемых, статистиче-

ски делает этот результат более выверенным и неслучайным.

Однако достижения на поприще физики — далеко не все последние успехи в турнирной таблице 2017 года. Также нами взяты топ-300 общего рейтинга Times Higher Education, топ-30 рейтинга университетов стран БРИКС Times Higher Education и сотня QS по Computer Science. Несмотря на то, что Computer Science и IT-технологии — достаточно новое для нас направление, оно успело стать одной из сильнейших компетенций Физтеха. Более десятка крупных IT-компаний, таких как АBBYY,

Acronis, Veeam Software и другие, создали и развили выпускники МФТИ. В 2017 году средний балл ЕГЭ по информатике у поступивших на направление прикладной математики и информатики вырос до 97,7 из 100 с учетом олимпиад, а команда МФТИ завоевала серебро чемпионата мира по

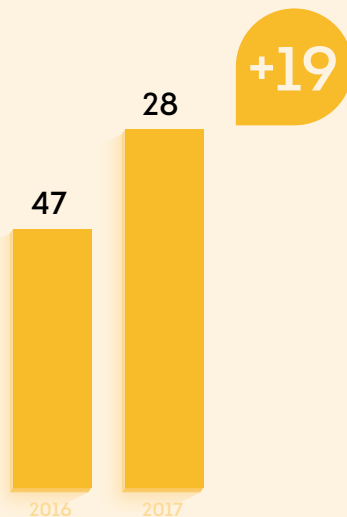
программированию ACM ICPC 2017 года и стала абсолютным чемпионом полуфинала ACM ICPC 2018 года. На Физтехе открываются новые прикладные лаборатории — например, лаборатория машинного интеллекта под руководством профессора РАН Константина Воронцова.

*«Это результат, составной частью которого является каждый в университете. Преподаватели, которые не опускают планку качества образования студентов на Физтехе, благодаря чему наши выпускники — одни из самых востребованных не только в России, но и во всем мире. Ученые, которые обеспечивают магистров и аспирантов научной практикой на очень высоком уровне, как в лабораториях в Долгопрудном, так и у наших партнеров в Академии наук и исследовательских институтах»,* — утверждает Виталий Баган, директор по развитию МФТИ. ■

“... это самое значимое улучшение позиции в сотне за всю историю существования рейтинга”

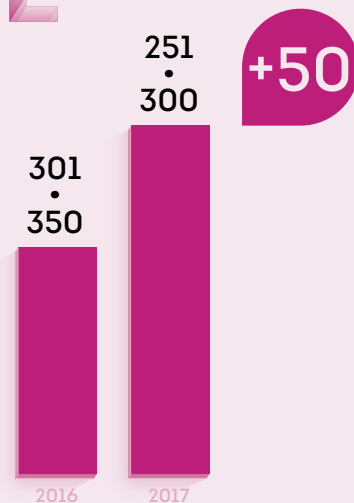
# МФТИ В РЕЙТИНГАХ УНИВЕРСИТЕТОВ

QS



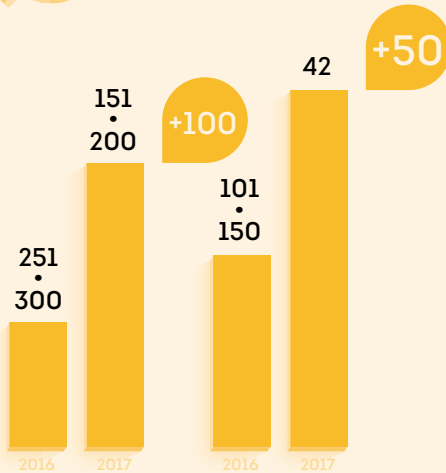
Рейтинг стран BRICS

THE



Общемировой рейтинг

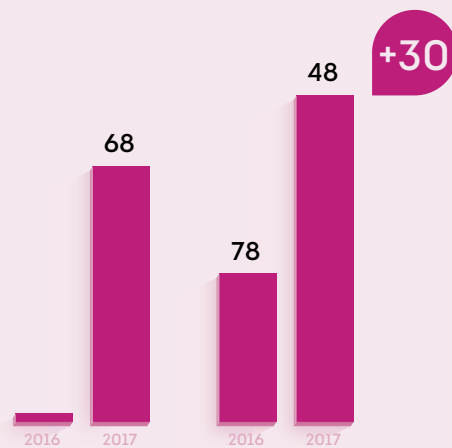
QS



QS Physics

QS Mathematics

THE



THE Computer Science

THE Physical Sciences

Рейтинг QS World University Rankings ежегодно публикует британская компания Quacquarelli Symonds (QS), которая основана в 1990 году и специализируется на образовании и обучении за рубежом.

Мировой рейтинг университетов THE публикует журнал Times Higher Education, специализирующийся на новостях и других вопросах высшего образования.



# ПОРТАТИВНАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ИНТЕРАКТИВНОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ С ПЛОСКИМИ ПОВЕРХНОСТЯМИ

## ПРЕДНАЗНАЧЕНИЕ

Интерактивное взаимодействие с контентом, проецируемым на произвольную плоскую поверхность. Детектирование нажатий происходит высокоточным датчиком-лидаром, что обеспечивает независимость точности определения координат прикосновения к поверхности от размера проецируемого изображения, освещения, материала поверхности.

Плоское пространство системы предназначено для взаимодействия с трехмерными моделями, что позволяет их отображение и модификацию в интерактивном режиме и делает применение системы актуальным в инженерных отраслях для моделирования механических конструкций.

## ОТЛИЧИТЕЛЬНЫЕ ОСОБЕННОСТИ

Система позволяет объединить изображения от нескольких независимых проекторов в единую сцену с учетом особенностей восприятия изображений глазом человека, что делает актуальным применение системы при проецировании полномасштабных изображений в производственных условиях.

Использование дешевых компонентов обеспечивает потенциально широкое тиражирование.

## ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ

Поддержка производственных процессов для отображения изделий и механизмов в реальном масштабе.

## АВТОРЫ РАЗРАБОТКИ

Технология разработана сотрудниками, студентами и аспирантами кафедры теоретической кибернетики и методов оптимального управления МФТИ и ООО «Сайбервижн»: Владимиром Петрухиным, Александром Джусом, Сабиром Шайхлисламовым, Евгением Нечепуренко.

# НЕМЕТАЛЛИЧЕСКИЕ ПОЛУМЕТАЛЛЫ

Физики из МФТИ и Института теоретической и прикладной электродинамики РАН вместе с коллегой из Института физико-химических исследований RIKEN в Японии теоретически обосновали новый класс материалов — спин-долинные полуметаллы.



## □ HALF-METAL\*

Полуметаллы могут помочь в разработке «электронной» техники нового поколения, которую даже не совсем корректно так называть. В обычной электронике передача сигнала происходит за счет движения электронов, но ученые по всему миру работают над устройствами, оперирующими не только перемещением этих частиц, но и их спином.

Последнее означает, что в схемах нового поколения будет важно не только то, сколько электронов прошло из точки А в точку Б, но и то,

каков был спин этих частиц. Спином называют квантовую характеристику микроскопических объектов, у которой есть классический аналог: с оговорками спин можно представить как момент импульса частицы.

Для создания подобных устройств — спинтронных систем — важно научиться получать поток электронов с заданным спином, который называют спиновым током. Полуметаллы, сочетающие свойства изоляторов и проводников, оказываются здесь очень полезны: полуметалл проводит ток только

электронами с заданным спином, не пропуская «неправильно ориентированные» частицы. Благодаря этому электрический ток через полуметалл автоматически переносит спин, то есть является спиновым током.

## ТЕОРИЯ И ПРАКТИКА

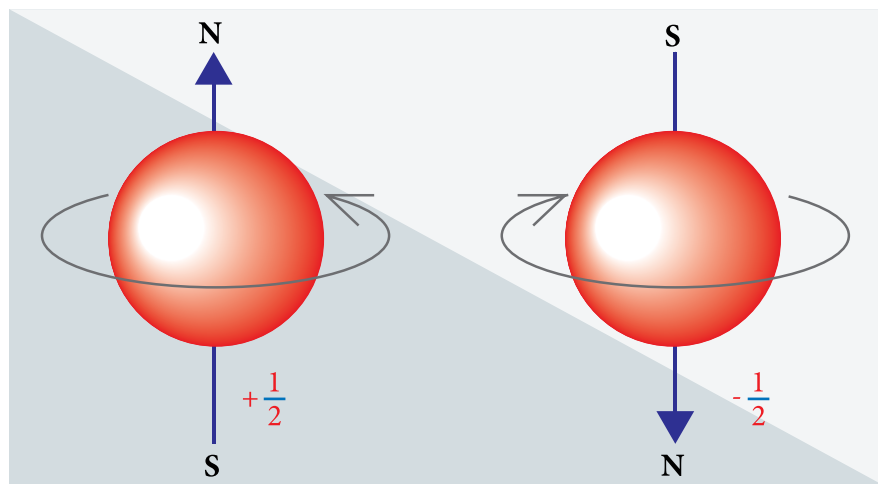
Спинтроника немислима без глубокого понимания процессов внутри материалов. В своей новой публикации физики описали механизм формирования полуметалла, существенно отличающийся от ранее известной модели. Это позволяет надеяться на получение «неметаллических полуметаллов» без добавления атомов переходных металлов, например, никеля, марганца или лантана.

Ученые говорят не просто о спинтронике. Они используют термин «спин-долинная электроника», подчеркивая то, что при помощи нового материала можно контролировать не только пере-

## КСТАТИ

Спин-долинные полуметаллы могут найти применение во вживляемой электронике вкупе с устройствами на основе перспективных материалов вроде графена и углеродных нанотрубок.

Спин электрона имеет классический аналог — это момент импульса — и всегда равен  $1/2$  (половине постоянной Планка)



\* Существуют два англоязычных термина: semi-metal и half-metal. Оба они переводятся на русский язык как полуметалл, хотя описывают совершенно разные вещи. Первый (semi-metal) — более старый и очень распространенный — описывает материал, например, висмут, в котором зона проводимости и валентная зона только слегка перекрываются, и поэтому число носителей тока сравнительно невелико. Второй (half-metal) появился сравнительно недавно и относится к системам, где в зоне проводимости имеются носители тока только с одной ориентацией спина, а носители с другой ориентацией спина отделены от зоны проводимости энергетической щелью. В статье речь идет о втором случае.



носимый током спин, но и так называемый долинный индекс.

## ПОЛУМЕТАЛЛИЧЕСКАЯ ДОЛИНА

Термин «долина» взят из физики полупроводников. В твердых телах энергия возбуждения электронных состояний математически выражается как функция  $E(k,n)$ . Здесь  $k$  обозначает импульс электрона, а  $n$  — индекс зоны, дискретную квантовую характеристику состояния электрона. Такая функция может иметь весьма причудливый вид, и если она имеет несколько минимумов со сравнимыми значениями энергии возбуждения, то говорят о наличии долин. В первом приближении электроны, состояние которых соответствует одной из долин, не взаимодействуют с электронами, которые находятся в другой долине. Принадлежность к той или иной долине определяется долинным индексом. Его можно использовать для передачи информации по аналогии со спиновыми токами. Работы в этом направлении в мире уже ведутся, сама идея спин-долинной электроники активно обсуждается, так что речь в новой публикации идет не о теоретической абстракции.

## КАК ЭТО СДЕЛАТЬ?

Получать «неметаллические полуметаллы» физики предлагают из диэлектриков с волной зарядовой или спиновой плотности. Эти материалы отличаются наличием периодически расположенных микроскопических

## ПРЯМАЯ РЕЧЬ



**Александр Рожков,** сотрудник кафедры электродинамики сложных систем и нанофотоники МФТИ:

Чтобы материал с волной плотности стал полуметаллом, его необходимо допировать, то есть добавить в него дырки или электроны. Для конкретной системы можно подбирать атомы азота, фосфора или иных элементов так, чтобы они замещали атомы чистой системы, отдавая или принимая электроны проводимости и меняя свойства исходного материала.

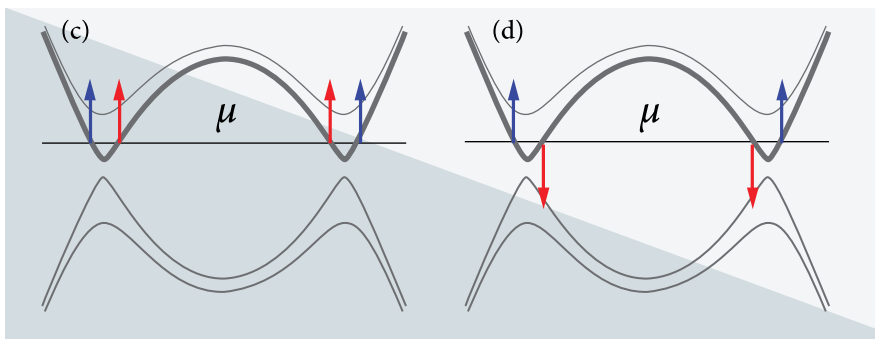
участков с ненулевым средним зарядом/спином. Теоретики описывают подобные системы как квантовый конденсат электрон-дырочных пар. «Дыркой» в полупроводниках называют квазичастицу, проявляющую себя как положительный заряд. Для получения электрон-дырочной пары нужны две долины, одна даст электроны, другая — дырки. Именно наличие двух долин в исходной системе обеспечит возможность создать спин-долинный полуметалл.

## КАКОВЫ ПЕРСПЕКТИВЫ?

Артём Сбойчаков, старший научный сотрудник ИТПЭ РАН, прокомментировал: «В каком-то смысле наше открытие оказалось сюрпризом даже для нас самих. Физическая модель, в которой мы обнаружили наличие полуметаллической спин-долинной фазы, известна уже несколько десятилетий и является

классической. Это, в сущности, подтверждает знаменитый ленинский тезис о неисчерпаемости электрона наравне с атомом. Теперь дело за экспериментаторами. Веществ, которые хорошо описываются рассмотренной нами моделью, известно достаточно много. Поэтому я убежден, что предсказанная фаза будет в конце концов обнаружена либо в уже существующих соединениях, либо в материалах, которые будут синтезированы в будущем».

Соватор, ведущий научный сотрудник ИТПЭ РАН Климент Кутель замечает: «На недавней конференции в Москве я обсуждал идею неметаллической полуметаллической с Санг-Вук Чеонгом (Sang-Wook Cheong), директором центра перспективных материалов Ратгерского университета (Rutgers University), США. Он — известный физик-экспериментатор с совершенно рекордным индексом цитируемости; достаточно сказать, что у него примерно сотня статей, на каждую из которых не менее сотни ссылок. Ему понравилась наша работа, и он сказал, что одно из его любимых увлечений — взять какое-нибудь предложение теоретиков и найти конкретный материал, где оно реализуется. Почти всегда ему это удавалось. Будем надеяться, что и нам в данном случае повезет». ■



На рисунке изображены зависимости энергии электронов и дырок от их импульса и спина. (Четыре черные кривые соответствуют двум проекциям спина электрона и двум проекциям спина дырки.) Жирная кривая соответствует электронным состояниям, способным поддерживать электрический ток (образующим поверхность Ферми). В зависимости от того, каковы взаимные направления спинов дырок (красные стрелки) и спинов электронов (синие стрелки) на поверхности Ферми, можно получить обычный полуметалл (c) или спин-долинный (d)

Оригинальная статья: «Spin-Valley Half-Metal as a Prospective Material for Spin Valleytronics», A. V. Rozhkov, A. L. Rakhmanov, A. O. Sboychakov, K. I. Kugel, and Franco Nori, Phys. Rev. Lett. 119, 2017.

# ВОЛНОВОЙ МИКС

*Физики впервые продемонстрировали эффект, называемый квантовым смешиванием волн на искусственном атоме. Результат, о котором сообщается в журнале *Nature Communications*, может помочь в разработке принципиально новых приборов квантовой электроники.*

## □ ПЛОСКИЙ ИСКУССТВЕННЫЙ АТОМ

Исследователи из лаборатории искусственных квантовых систем МФТИ под руководством профессора Олега Астафьева вместе с британскими коллегами работали с позволяющей моделировать поведение отдельных атомов сверхпроводящей системой. Охлажденное до особо низких температур устройство могло испускать и поглощать отдельные кванты микроволнового излучения точно так же, как отдельные атомы взаимодействуют с квантами обычного света.

«Искусственные атомы», которые рассматривали ученые, в последнее десятилетие активно используются в экспериментах по микроволновой квантовой оптике. Благодаря таким системам физики работают с процессами, которые сложно исследовать в иных случаях. Например, испусканием и поглощением нескольких фотонов в результате одного процесса. Настоящий атом в зеркальной полости излучает свет в произволь-

## ПРЯМАЯ РЕЧЬ



**Алексей Дмитриев**, аспирант МФТИ и один из авторов исследования:

В данной работе мы экспериментально продемонстрировали необычные эффекты при смешивании волн гигагерцевого диапазона на одиночном искусственном атоме. В эксперименте изучался кубит, сильно связанный с распространяющимся в линии электромагнитным полем, и мы смогли пронаблюдать смешивание квантового состояния света, приготовленного в кубите, и когерентного света в линии. Полученные результаты,

на наш взгляд, представляют физический интерес и наглядно показывают особенности нелинейного взаимодействия света и вещества — а именно, распространяющихся микроволновых сигналов и искусственного атома, — в режиме сильной связи.

ном направлении, в то время как сверхпроводящая система «светит» в заданную сторону. Эта особенность позволила исследователям зафиксировать процесс взаимодействия искусственного атома с серией квантов электромагнитного излучения. Ранее ученые успешно превращали одиночные искусственные атомы в лазер

и даже использовали подобные системы для изучения эффекта Керра. В «обычной» оптике эффектом Керра называют изменение показателя преломления вещества за счет воздействия внешнего электрического поля, однако использование сверхпроводящих систем позволило увидеть то же явление на одиночном «атоме».

## ДЛЯ СПРАВКИ

Оптика не обязательно работает с видимым светом: фундаментальные законы взаимодействия с веществом одинаковы как для света, так и для микроволнового излучения или рентгеновских лучей. Другое дело, что энергия кванта накладывает очень сильный отпечаток на конкретные процессы: так, непрозрачный для света картон становится прозрачным для излучения в других диапазонах.

При наблюдении за сверхпроводящим кубитом, который при помощи емкостной связи соединили с каналом для передачи электромагнитных СВЧ-импульсов, ученые увидели на выходе как исходное излучение на двух разных частотах, так и электромагнитные волны, получившиеся в результате взаимодействия с «искусственным атомом». Это взаимодействие указывало на эффект, наблюдать который ранее на подобных системах не удавалось: квантовое смешивание волн. Интенсивность возникающего излучения, как отмечают исследователи, зависела от времени и амплитуды возбуждения. По сути, ученым удалось добиться квантового аналога биений — явления смешивания двух волн на близких частотах. Правда, если в классической физике биения возникают в камертоне или электрической цепи с емкостью и индуктивностью, в квантовом случае речь идет об искусственном или реальном атоме.

## КВАНТОВЫЕ ВЫЧИСЛЕНИЯ

Сверхпроводящая схема — искусственный атом — интересна не только тем, что позволяет наблюдать ряд эффектов квантовой оптики. По словам авторов, этот «атом» является также кубитом, базовым блоком квантовых компьютеров, использующих вместо классических битов (элементарных единиц информации) квантовые. Обычная вычислительная ячейка хранит либо 0, либо 1, а кубит способен находиться как бы одновременно и в нуле, и в единице — физики в таком случае говорят о суперпозиции состояний.

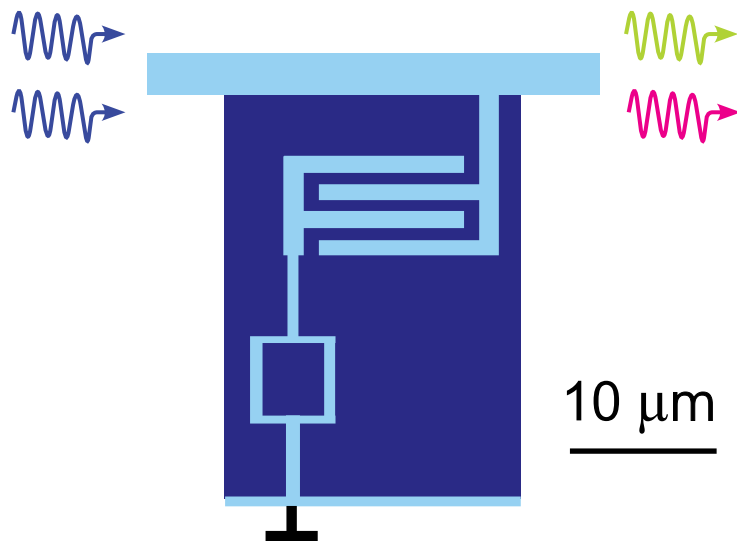


Схема сверхпроводящего кубита, используемого в эксперименте. Сигналы, распространяющиеся по копланарному волноводу (проходной линии), рассеиваются на кубите, связанном с линией через емкость. В результате рассеянный свет меняет свою частоту. Кубит представляет из себя петлю с четырьмя джозефсоновскими переходами (не показаны)

## ДЛЯ СПРАВКИ

Сверхпроводящие системы могут быть изготовлены методами, которые на сегодня хорошо отработаны. Для них не требуются какие-то особо экзотические материалы: основные экспериментальные сложности связаны скорее с необходимостью охлаждать готовый образец до температуры всего в несколько милликельвинов (один кельвин равен градусу Цельсия, но отсчет ведется от абсолютного нуля,  $-273,15^{\circ}\text{C}$ ).

Ученые отмечают, что обнаруженный ими эффект представляет собой «отпечаток» фотонной статистики исходного состояния сверхпроводящей системы. Кроме того, что излученные кубитом кванты несут информацию о фазе волновой функции системы. С помощью волновой функции  $\Psi(x, t)$  можно описать любую квантовую систему и получить все важнейшие величины. Например, квадрат волновой функции дает вероятность обнаружения частицы в заданной точке. Возможность считывания фазы волновой функции, в свою очередь, открывает путь к работе с кубитами в контексте решения тех или иных практических задач.

Квантовые вычислительные системы используют упомянутую

выше возможность нахождения квантового объекта одновременно в нескольких состояниях. И хотя о квантовых компьютерах иногда говорят как о компьютерах следующего поколения, это не совсем корректно. Система, требующая охлаждения до милликельвиновых температур, вряд ли вытеснит современные чипы с миллиардами транзисторов, способных работать при комнатной температуре. Про преимущества квантовых вычислений уместно говорить там, где переход к кубитам дает возможность реализовать принципиально новый алгоритм для решения конкретной задачи: например, именно квантовый компьютер может очень эффективно выполнять разложения произвольного числа на простые множители. Или, что важно в первую очередь ученым, квантовые алгоритмы могут помочь в моделировании реальных же квантовых систем, расчет которых классическими методами тоже недостаточно эффективен. ■

Оригинальная статья: «Quantum wave mixing and visualisation of coherent and superposed photonic states in a waveguide», A. Yu. Dmitriev, R. Shaikhaidarov, V. N. Antonov, T. Hönigl-Decrinis & O. V. Astafiev, Nature Communications 8, 1352 (2017).



# МАРТЫШКИ И ВИРУС: МИЛЛИОН ЛЕТ ВМЕСТЕ

*Генетики изучили гены зеленых мартышек, позволяющие им сосуществовать с вирусом иммунодефицита, но при этом не страдать от заболеваний.*

## □ ПОНЯТЬ ГЕНЫ

Проект «Геном человека» является кульминацией развития биологии XX века. Успешное секвенирование позволило ученым получить многочисленные данные о генах множества организмов. Впрочем, функции значительной их части остаются неизвестны. Проследить

путь от гена до свойства организма, за которое несет ответственность этот ген, — фенотипа — непросто. Более того, обычно каждый фенотип формируется под воздействием многих генов и наоборот — один ген в ДНК может играть роль в формировании разных фенотипов.

## ОБЕЗВРЕДИТЬ ВИРУС

В биомедицинских исследованиях зеленые мартышки — ближайший человеку вид нечеловеческих приматов — используются для поведенческих экспериментов, исследования резистентности к вирусам и создания вакцин.

Этот вид обезьян является природным резервуаром вируса иммунодефицита обезьян (simian immunodeficiency virus, SIV), сходного с вирусом иммунодефицита человека (HIV/ВИЧ). При этом мартышки могут сосуществовать с вирусом без развития иммунодефицита: SIV пребывает в их организме незаметно, не причиняя никакого вреда.

## КСТАТИ

С появлением технологий секвенирования и сравнения геномов началась новая эра в систематике животных: стало возможным более точно определять родственные связи, которые могут не отражаться в морфологических признаках. Сравнение генетической информации помогает точно определить границы вида, внутри которого особи имеют минимальное генетическое разнообразие.

Международная группа ученых, в состав которой входит биоинформатик из России, сотрудник лаборатории геномной инженерии МФТИ Василий Раменский, систематизировала шесть видов африканских зеленых мартышек на основе их генетических данных, рассмотрела гены, ответственные за адаптацию и сосуществование с вирусом иммунодефицита, и создала атлас экспрессии генов в одном из видов.

В одной из опубликованных работ ученые изучали группу генов, ответственных за регуляцию деятельности SIV. Всем вирусам так же, как и SIV, невыгодно убивать своих носителей. На начальном этапе, при встрече вируса с новым организмом, существует фаза выработки адаптационных механизмов, когда вирус может наносить вред хозяину. По меркам эволюционных процессов, ВИЧ встретился с популяцией ныне живущих людей совсем недавно, фаза адаптации еще не прошла, поэтому вирус убивает своего хозяина. В случае же зеленых мартышек вирус иммунодефицита обезьян, очень похожий на ВИЧ, вступил в контакт с предками ныне

## ДЛЯ СПРАВКИ

Геномный анализ позволяет сделать выводы о географии расселения, эволюции вида, выявить характерные для видов генетические заболевания и многое другое. Исследователи определили систематику рода зеленых мартышек, выделив шесть видов, населяющих всю территорию Африки, один вид на острове Барбадос и один вид на островах Сент-Китс и Невис в Карибском море.

## ПРЯМАЯ РЕЧЬ



Василий Раменский, сотрудник лаборатории геномной инженерии МФТИ, к.ф.-м.н. по специальности «Молекулярная биология»:

Научившись секвенированию геномов, мы собираем данные о наборе генов человека и многих близкородственных организмов, и все же пока очень многого не знаем о функциях генов в организме. Атлас экспрессии генов зеленых мартышек, представляющий различные ткани и стадии развития организма, дает статистическим генетикам инструмент для понимания роли генов в жизни организма.

существующих видов около миллиона лет назад. С течением времени подвиды мартышек по-своему эволюционировали, и у каждого из них сложилась своя история взаимодействия и выработки механизма сосуществования с вирусом. Таким образом, изучение биологических механизмов взаимодействия вируса иммунодефицита у зеленых мартышек дает нам фору в сотни тысяч лет на то, чтобы «научить» человека сосуществовать с ВИЧ без вреда для здоровья.

## ИЗУЧИТЬ ПРОТЕОМ

Набор генов каждой клетки нашего организма идентичен, однако в зависимости от ткани и возраста организма, которому эта клетка принадлежит, набор «активных» (экспрессирующихся, то есть ответственных за выработку белков) генов в ней будет различным. Василий Раменский с коллегами создали и опубликовали атлас экспрессии генов в разных тканях и участках мозга 60 зеленых мартышек различных возрастов вида *Chlorocebus*

*aethiops sabaueus* из исследовательского питомника Vervet Research Colony.

Исследования на приматах, как правило, обеспечивают более высокую однородность и достоверность по сравнению с исследованиями на человеке за счет нескольких факторов: 1) однородности и контролируемости условий проживания, питания и окружающей среды в целом; 2) стандартизированной и быстрой подготовки тканей; 3) однородного генетического фона животных в питомнике ввиду того, что они являются потомками небольшой группы одного вида. Данные об экспрессии генов в различных тканях на разных этапах развития помогут определить их функции и роль в развитии организма. Например, исследователями было показано, что экспрессия генов, ответственных за развитие и изменения в двух частях головного мозга (так называемой области Бродмана 45 и хвостатом ядре), имеет прямую корреляцию с возрастом мартышек и причастна к развитию возрастных заболеваний. ■



Оригинальные статьи: «Genetic variation and gene expression across multiple tissues and developmental stages in a nonhuman primate», Anna J Jasinska, Ivette Zelaya, Susan K Service, Christine B Peterson, Vasily Ramenskiy, {...}, Roger P Woods & Nelson B Freimer, *Nature Genetics*, Published online: 30 October 2017.

«Ancient hybridization and strong adaptation to viruses across African vervet monkey populations», Hannes Svardal, Anna J Jasinska, Cristian Apetrei, Vasily Ramenskiy, {...}, Nelson B Freimer & Magnus Nordborg, *Nature Genetics*, Published online: 30 October 2017.

# АТЛАС МИКРОРНК

Ученые составили полный атлас микроРНК — наименьших по размеру, но не по важности молекул РНК. Теперь у любого желающего есть возможность зайти на сайт и посмотреть, где и как работает каждая микроРНК. Это поможет науке лучше понять, как регулируются гены и как эта регуляция нарушается в случае болезней.

## □ МИКРОСТРАЖИ

Путь от гена до белка, кодируемого этим геном, довольно непрост: сначала из двухцепочечной ДНК получается одноцепочечная РНК, а потом из РНК получается белок. Процесс из ДНК в РНК называется транскрипцией, а из РНК в белок — трансляцией. Эти превращения происходят с помощью разнообразных регуляторных молекул. И микроРНК — одна из них. Длина ее составляет примерно 20 нуклеотидов, а в полномочия входит блокировка трансляции на определенных участках информационной РНК. Она «узнает» свою последовательность и связывается с этим местом. Информационная РНК (сокращенно иРНК) используется для производства белка. Если на участке сидит микроРНК, синтез

белка с него не идет (см. рисунок 1). За открытие этого эффекта Эндрю Файеру и Крейгу Мелло в 2006 году вручили Нобелевскую премию.

МикроРНК участвует в регуляции синтеза белка, а именно, не дает синтезироваться тем белкам, которые данной клетке не нужны. Однако производство самих микроРНК

тоже регулируется, но до настоящего момента информации об этом процессе было известно очень мало. В ДНК зашифрованы не только гены, но и регуляторные молекулы, например, микроРНК. Вернее, микроРНК вырезается специальными белками из более длинной молекулы рибонуклеиновой кислоты — так

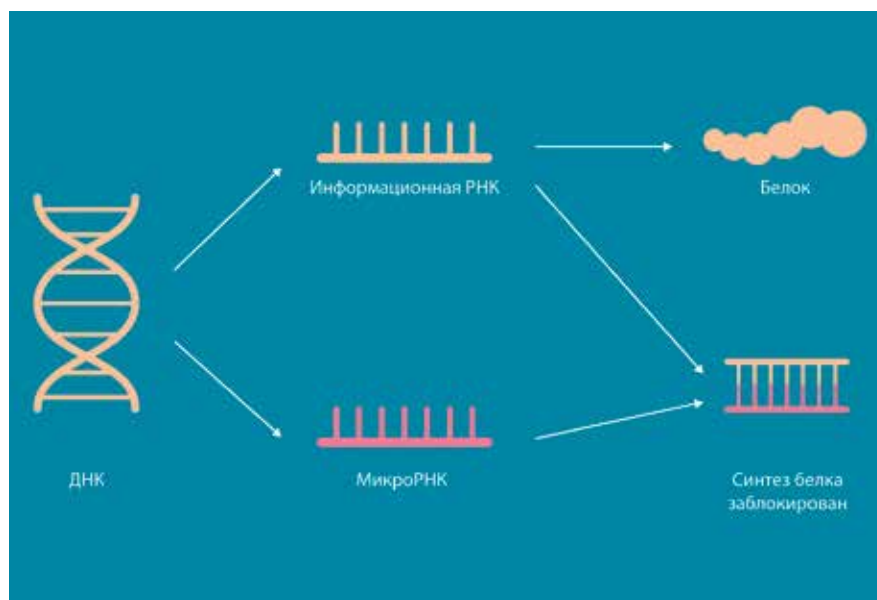


Рисунок 1. Работа микроРНК. Если микроРНК «садится» на информационную РНК, то синтез белка с иРНК блокируется

## ДЛЯ СПРАВКИ

Транскрипция начинается с того, что со специальным участком связывается белковый комплекс. Такая стартовая площадка есть у всего, что зашифровано в ДНК, и называется промотором.

## ПРЯМАЯ РЕЧЬ



**Всеволод Макеев**, один из соавторов работы, профессор кафедры биоинформатики МФТИ:

Метод CAGE придумали итальянец Пьеро Карнинчи и японец Хаяшизаки. Вначале они искали старты белок-кодирующих генов у мыши. Они нашли огромное количество некодирующих РНК и очень удивились. В 2003–2004 году это было внове, и им никто не поверил. Научное сообщество считало, что они что-то неправильно делают, что не может быть такое количество некодирующих РНК. Потом постепенно поверили, с запозданием лет в пять.

называемого предшественника микроРНК, или пре-микроРНК. А вот предшественник закодирован в ДНК и получается в результате транскрипции.

Несмотря на то, что большинство микроРНК и их предшественников известны, промоторы до сих пор не были найдены. Международный консорциум, включающий российских ученых из ИОГен РАН и МФТИ, взялся за эту проблему и сопоставил микроРНК мыши и человека с их предшественниками и промоторами.

## СУЩЕСТВУЮЩИЙ ФАНТОМ

Работа по составлению атласа проходила в рамках проекта FANTOM5, что расшифровывается, как Functional ANnotation Of the Mammalian genome, или функциональная характеристика генома млекопитающих. Начался этот проект в Японии как часть проекта по сбору геномных данных мыши. Сейчас в нем участвуют несколько стран, включая Россию, и собраны открытые базы данных, в том числе самая большая коллекция промоторов. Положение промоторов определяется с помощью специальной технологии CAGE (cap analysis gene expression — кэп-анализ экспрессии генов).

## ЭКСПРЕССИЯ ДЛЯ ВСЕХ

Ученые нашли предшественников и промоторы для всех известных микроРНК, а кроме того, обнаружили несколько новых микроРНК.

Без знания о том, где находятся промоторы, было трудно изучать регуляцию этих молекул. Но кроме этого важно то, в каких тканях какие микроРНК экспрессируются, то есть производятся. Они играют важную роль в дифференциации клеток — «следят» за тем, чтобы в клетке был активен определенный набор генов, характерный для какой-то одной ткани, все остальные гены они глушат. Если регуляция микроРНК нарушится, например,

в результате мутации, это может привести к серьезному заболеванию. Ученые создали интерактивную карту экспрессии в более, чем ста видах тканей человека. Атлас микроРНК выложен в открытый доступ, чтобы его могли рассматривать ученые со всего мира (см. рисунок 2).

«МикроРНК представляют собой один из важнейших механизмов регуляции экспрессии генов, наряду с эпигенетическими механизмами, транскрипционными факторами и другими некодирующими РНК, — говорит Юлия Медведева, один из соавторов работы, старший научный сотрудник Центра биотехнологий РАН, преподаватель кафедры биоинформатики МФТИ. — Создание полного атласа микроРНК в различных клетках приближает нас еще на один шаг к созданию полной картины регуляции генов. Знание о том, как гены управляются в природе, может позволить в будущем исправлять разные нарушения в этой регуляции, которые приводят к болезням». ■

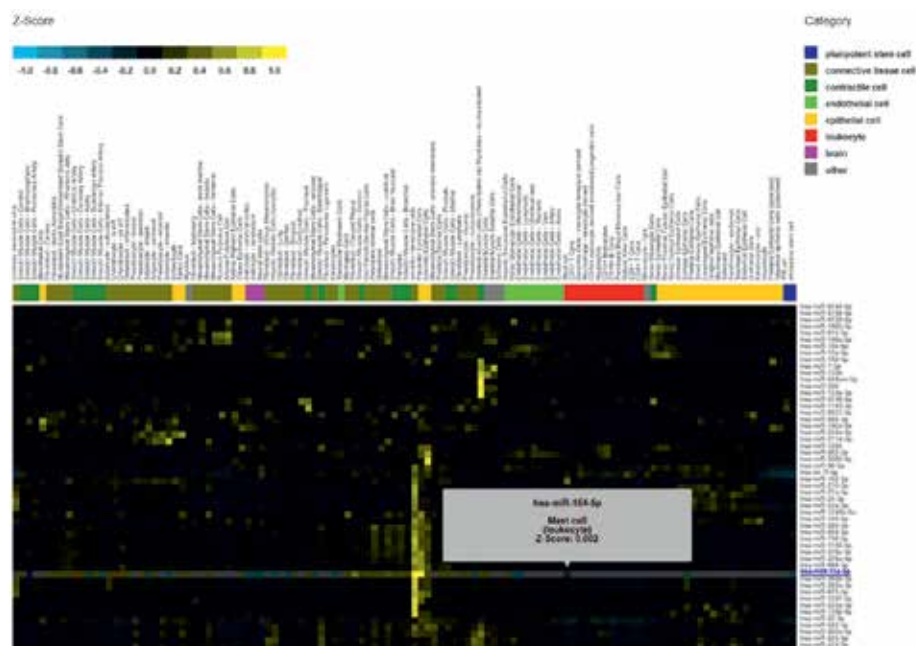
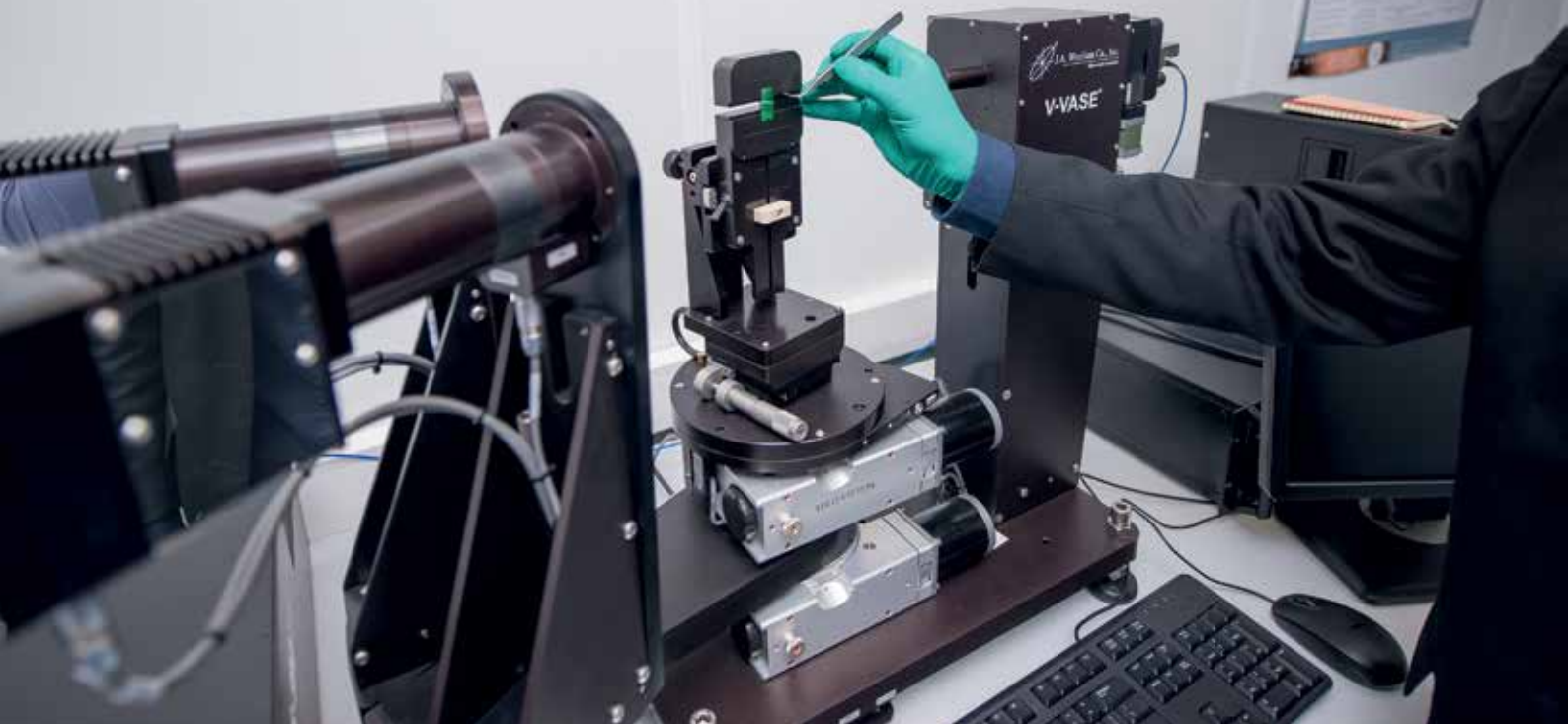


Рисунок 2. Интерактивная карта экспрессии. Сверху типы тканей, справа микроРНК, на пересечении — уровень экспрессии данной РНК в данной ткани

Оригинальная статья: «An integrated expression atlas of miRNAs and their promoters in human and mouse», Derek de Rie, Imad Abugessaisa[...], Michiel J L de Hoon, *Nature Biotechnology* 35, 872–878 (2017).

Современные приборы дают возможность проводить детальные исследования тонких металлических пленок в широком диапазоне длин волн



# ЗОЛОТЫЕ ПЛЕНКИ

*Исследователи из МФТИ выполнили точные измерения диэлектрических (оптических) констант сверхтонких пленок золота с толщинами от 20 до 200 нанометров в оптическом диапазоне длин волн.*

## □ КОНСТАНТЫ 1972 ГОДА

Ученые используют тонкие — толщиной всего в десятки нанометров — металлические пленки для создания компактных химических и биологических сенсоров, фотодетекторов, солнечных батарей, элементов оптических компьютеров. Еще более тонкие металлические пленки — толщиной менее 10 нм — могут быть не только проводящими, но и вдобавок прозрачными и гибкими элементами таких приборов.

При разработке наноразмерных приборов наиболее популярным и хорошо себя зарекомендовавшим металлом является золото. Именно оно чаще всего используется в виде очень тонких пленок или изго-



## ПРЯМАЯ РЕЧЬ

**Валентин Волков**, заведующий лабораторией нанооптики и плазмоники МФТИ:

Помимо измерений оптических констант тонких пленок, нами разработаны методы получения высококачественных тонкопленочных покрытий, обеспечивающие высокую воспроизводимость их свойств. Мы продемонстрировали, что в России существуют технологии получения высококачественных тонких металлических пленок с рекордными оптическими свойствами.

товленных из него наноструктур. Для разработки и оптимизации приборов необходимы точные данные по оптическим свойствам таких пленок. В большинстве случаев исследователи используют

табличные данные из работ, опубликованных почти полвека назад. Например, одной из самых популярных статей по оптическим константам золота до сих пор является «Optical constants of the noble metals»



## КСТАТИ

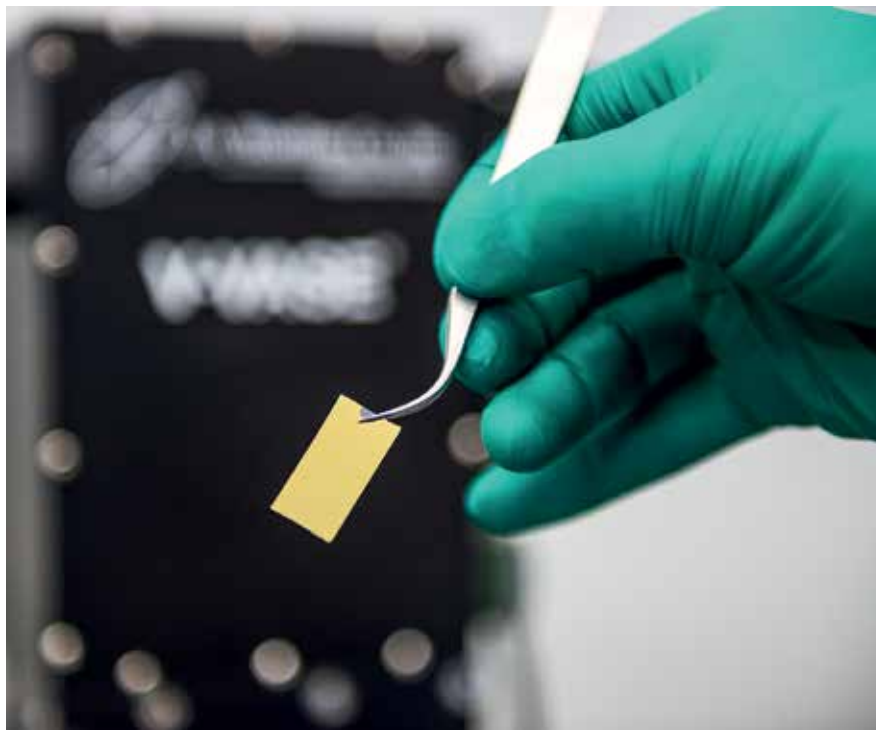
В настоящее время тонкие пленки золота — один из основных элементов микро- и наноразмерных оптических и оптоэлектронных устройств. Например, золотые пленки толщиной около 40 нм используются для создания высокочувствительных биосенсоров.

P. V. Johnson and R. W. Christy, датированная далеким 1972 годом. Согласно библиографической базе данных Scopus, справочные константы из нее использовались в исследованиях, представленных по меньшей мере в 10 000 научных публикаций. Работы тех лет по оптическим свойствам тонких металлических пленок можно считать подвигом, так как трудоемкие экспериментальные исследования, требующие, к тому же, сложных расчетов, фактически проводились в докомпьютерную эпоху.

## ЧЕМ ТОНЬШЕ, ТЕМ ЛУЧШЕ

Современные приборы и возможности вычислительной техники позволяют проводить более детальные исследования тонких металлических пленок. При этом известно, что их оптические свойства, а следовательно, и эффективность работы устройств, в которых они используются, зависят от многих факторов — толщины самой пленки, скорости осаждения и температуры подложки, на которую осаждается пленка. Ученые подобрали оптимальные начальные условия для получения наилучших оптических свойств. Далее при помощи спектральной эллипсометрии, рентгеновской дифрактометрии, электронной и атомно-силовой микроскопии были проведены необходимые измерения. Полученные результаты позволили детально изучить, как свойства тонких пленок золота связаны с их структурой и средним размером зерен.

Структура оказывает большое влияние на физические свойства,



*Разработанная в лаборатории нанооптики и плазмоники технология позволяет получить высококачественные тонкие металлические пленки мирового уровня с рекордными оптическими свойствами*

поскольку электроны проводимости рассеиваются на границах зерен, подобно тому как шарик в пинболе теряет свою энергию на различных препятствиях. Оказалось, что оптические потери, а также удельное сопротивление постоянного тока в случае золота значительно увеличиваются при толщине пленки менее 80 нм. Авторами работы представлены справочные данные по оптическим константам золота для широкого диапазона длин волн — от 300 до 2000 нм, — толщина варьировалась от 20 до 200 нм. Эти результаты будут востребованы исследователями при разработке и оптимизации различных нанофотонных устройств и метаматериалов.

## ТЕХНОЛОГИЯ МИРОВОГО УРОВНЯ

Чтобы создать такие пленки, ученые использовали метод электронно-лучевого испарения. Подложку из очищенного кремния кладут в вакуумную систему. Напротив нее помещают емкость, в которой находятся куски металла, в нашем

случае — золота. На куски металла направляется пучок электронов, ускоренный электрическим полем. Он быстро разогревает золото до жидкого состояния. Частицы золотых испарений летят в сторону подложки, оседают на ней и становятся твердыми.

В МФТИ на данный момент разработана и используется своя технология получения высококачественных тонких металлических пленок мирового уровня с рекордными оптическими свойствами. Они могут использоваться в оптике и оптоэлектронике: при создании чувствительных и компактных биосенсоров, солнечных батарей, широкодиапазонных фотодетекторов и оптоэлектронных компонентов для вычислительных систем ■

*Оригинальная статья: «Optical constants and structural properties of thin gold films», Dmitry I. Yakubovsky, Aleksey V. Arsenin, Yuri V. Stebunov, Dmitry Yu. Fedyanin, and Valentin S. Volkov, Optics Express Vol. 25, Issue 21, pp. 25574–25587 (2017). Она стала самой читаемой в этом журнале по итогам октября.*



# ЧТО ОБЩЕГО МЕЖДУ РАКОМ И ТЕЛЕФОНОМ?

✍ Алекс Гребнев

*Ученый из МФТИ выдвинул гипотезу, которая позволяет предсказывать число мутаций, необходимых для развития любого вида рака по возрастной статистике заболеваемости.*

## □ РАК — РЕЗУЛЬТАТ МУТАЦИЙ В ГЕНАХ

Раковые клетки возникают из обычных клеток, когда те приобретают определенные свойства:

- способность к росту при отсутствии естественных стимуляторов роста и наоборот, в присутствии сдерживающих факторов, таких как контакт с соседними клетками;
- способность к делению даже при наличии повреждений ДНК и укорачивании теломер;
- способность уклоняться от иммунной системы и запрограммированной гибели клеток;
- способность вызывать рост кровеносных сосудов к опухоли;
- способность к метастазированию и др.



## ПРЯМАЯ РЕЧЬ

**Алексей Беликов**, кандидат биологических наук, сотрудник лаборатории разработки инновационных лекарственных средств и агробiotехнологий МФТИ:

Я понял, что единственно верный способ интерпретировать возрастную кривую заболеваемости — как статистическое распределение вероятности — и решил не изобретать велосипед, а проверить стандартные распределения, известные любому, кто занимается статистикой.

Эти канцерогенные свойства возникают из-за мутаций в ключевых генах, ответственных за данные процессы. Чтобы опухоль развилась до размеров, обнаруживаемых при клиническом обследовании, клетки должны накопить определенное число таких

мутаций. Новая теория позволяет точно предсказать это число для любого вида рака с доступной возрастной статистикой заболеваемости. Причем оказалось, что для разных видов рака это число может отличаться вплоть до десяти раз.

## ДЛЯ СПРАВКИ

Еще с 50-х годов XX века предпринимались попытки оценить число ключевых мутаций в опухоли по статистике заболеваемости или смертности. Однако предлагавшиеся до сих пор модели представляют из себя «самодельные» формулы с большим числом допущений и экспериментально определяемых параметров. Многие из них, к тому же, дают математически и биологически невозможные результаты, вроде числа заболевших раком, превышающего численность населения и стремящегося к бесконечности.

## РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ЭРЛАНГА

Выдвигавшиеся ранее теории с трудом объясняли и парадоксальное снижение заболеваемости некоторыми видами рака после 70 лет. Однако все становится на свои места, если рассматривать зависимость вероятности развития рака от возраста в виде графика, похожего на нормальное (Гауссово) распределение (см. рисунок 1).

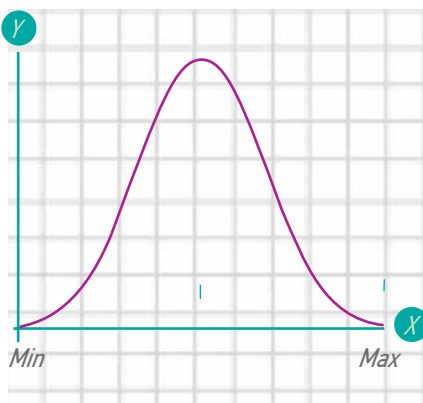


Рисунок 1. Выраженность признака (ось X) и ее вероятность (ось Y)

Оказывается, что уменьшение количества заболевших после семидесяти соответствует правой половине графика. Алексей Беликов проверил 16 наиболее известных видов статистических распределений и выяснил, что статистику заболеваемости раком точнее всего описывает распределение Эрланга (см. рисунок 2). Оно практически идеально ложится на данные по 20 наиболее распро-

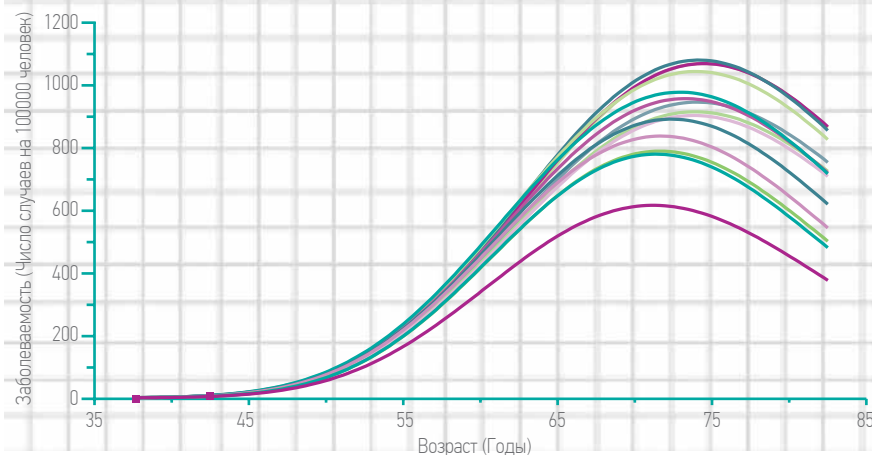


Рисунок 2. Распределение Эрланга описывает возрастную заболеваемость раком (на графике — рак простаты, разным цветом обозначены разные годы наблюдения)

страненным видам рака, накопленные американской системой здравоохранения за многие годы, более 20 миллионов случаев суммарно. Но механизм развития рака универсален для всех людей, поэтому данное распределение применимо и к населению России.

Ровно сто лет назад датский математик и инженер Агнер Эрланг предложил формулу для оценки загрузки телефонных линий. Она позволяла рассчитать, какова вероятность, что на телефонную станцию в течение определенного времени позвонит определенное количество человек. Эта формула до сих пор широко используется в сфере телекоммуникаций для оптимизации инфраструктуры.

Алексей Беликов нашел для формулы Эрланга новое неожиданное применение. Теперь с ее помощью можно вычислить вероятность того, что определенное число мутаций накопится в опухоли к определенному возрасту. И в том, и в другом случае в основе лежит Пуассоновский процесс — то есть события происходят абсолютно случайно с примерно равными интервалами. Только в первом случае это звонки абонентов, а во втором — мутации в ДНК. Применяв же распределение Эрланга к реальным данным по возрастной заболеваемости, можно решить обратную задачу — выяснить, сколько ключевых мутаций возни-

кает в данном виде рака к моменту постановки диагноза.

## (НЕ)ВЕЗЕНИЕ

То, что распределение Эрланга так хорошо описывает реальные данные по заболеваемости, имеет прежде всего фундаментальное значение. Это говорит о том, что в основе онкологических заболеваний лежит случайный процесс, и шансы заболеть раком раньше или позже во многом определяются (не)везением. Разумеется, воздействие мутагенов, содержащихся, например, в табачном дыме или подгоревшей пище ускоряет возникновение мутаций. Но то, сколько из них произойдут в ключевых генах, а сколько окажутся без эффекта, — решает случай. Знание точного числа ключевых мутаций в каждом виде рака поможет ученым быстрее выяснить, какие гены задействованы в прогрессии тех или иных опухолей. А это, в свою очередь, поможет разработать лекарства, специфично воздействующие на определенные мишени, что позволит сократить до минимума побочные эффекты. Такие медикаменты будут назначаться пациентам после специальных ДНК-тестов. ■

Оригинальная статья: «The number of key carcinogenic events can be predicted from cancer incidence», *Aleksey V. Belikov, Scientific Reports 7, 12170 (2017).*

# ФИЗИКА ЖИЗНИ: СОВРЕМЕННАЯ БИОЛОГИЯ

**Сергей ЛЕОНОВ,**  
директор Физтех-школы  
биологической и медицинской  
физики, заведующий лабораторией  
разработки инновационных  
лекарственных средств:

— Более года прошло со времени организации нашей Физтех-школы биологической и медицинской физики (ФБМФ), и мы можем подвести некоторые итоги.

Сегодня биологические и медицинские направления в МФТИ представлены альянсом наших базовых кафедр и современных исследовательских лабораторий, созданных на кампусе. В лабораториях на Физтехе уже ведутся научные проекты и осуществляется подготовка студентов — будущих высококвалифицированных ученых для наиболее востребованной в современном мире области — междисциплинарных научных исследований на стыке математики, физики, химии, биологии и медицины. Свое будущее Школа видит в создании в МФТИ одного из самых узнаваемых в мире научно-образовательных хабов в области биологической и медицинской физики.

Основой развития нашей Физтех-школы является синергия уникальной физтеховской системы базовых кафедр, а также формирование новых научных лабораторий с привлечением международных связей. Таким подходом должны обеспечиваться современный уровень научных исследований и создание новых образовательных программ, привлекательных для российских и зарубежных абитуриентов. Среди наших базовых кафедр традиционно представлены ведущие академические исследовательские центры: Институт молекулярной биологии им. В. А. Энгельгардта, ФНКЦ ДГОИ, ИБХ, ФХМ, НИИ скорой помощи им. Н. В. Склифосовского, ИОГен и другие. Мы создаем в Школе гибкую образовательную систему, способную удовлетворять возникающие потребности науки в новых специалистах, образовательные возможности для которых в настоящее время весьма ограничены не только у нас, но и за рубежом.



Речь идет о будущих специалистах по телемедицине, хемо- и биоинформатиках, нейрофизиках, инженерах человеческих тканей или архитекторах медицинского оборудования. Такие специалисты должны одновременно обладать фундаментальными знаниями в физико-математической и технической сферах, а также в областях прикладной биологии и медицины.

Мы ориентируемся на мировые тренды развития общества. Согласно прогнозам, рынки труда и технологий в ближайшие десятилетия будут развиваться по трем основным направлениям. «ХэлсНет» — рынок персонализированных медицинских услуг и лекарственных средств, обеспечивающих рост продолжительности жизни, а также получение новых эффективных средств профилактики и лечения различных заболеваний. Одним из самых перспективных направлений принято считать «НейроНет» — оно может открыть новые возможности мозга человека и перспективы управления информационными системами с помощью нейросетей. Третье направление, которое подразумевает развитие агробiotехнологий, правильного персонализированного питания, поиска дешевых и натуральных источников сырья — «ФудНет».

В нашей Школе значительная часть исследований, а также образовательный процесс будет развиваться по следующим направлениям: во-первых, это хемо- и биоинформатика, In silico дизайн лекарств и так называемые «омикс»-технологии: коннектомика мозга, геномика, протеомика,

метабомика и т. д. Во-вторых — физика тела человека и животных, включая биоинженерию, биоматериалы и искусственные органы, тераностику, нейро- и кардиофизику, а также исследование механизмов старения и нейродегенеративных заболеваний, в частности, деменции, в-третьих — разработка современного медицинского оборудования и новых диагностических технологий, включая геймификацию, сети здоровья, умные средства реабилитации больных и оборудование раннего обнаружения/предупреждения заболевания и поддержания здорового образа жизни.

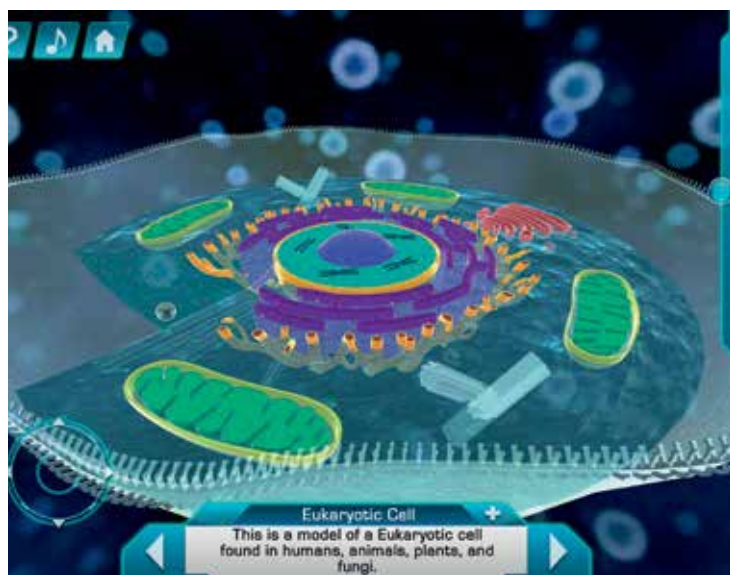
ФБМФ ведет активное научно-техническое сотрудничество с ведущими университетами и научными центрами мира. Мы также уделяем особое внимание развитию современных научных и образовательных проектов. Помимо англоязычных магистратур и аспирантур, у нас есть программы двух дипломов (Cotutelle and joint PhD programs) с Macquarie University Австралии и аналогичная программа в ближайшее время будет создана с Центром системной биологии Университета Люксембурга. Таким образом, нашим студентам открывается возможность получения диплома о высшем образовании Российской Федерации и диплома о высшем образовании Австралии или Европейского союза.

Признаками оздоровления процесса развития МФТИ и функциональности системы Физтех-школ за последний год стали оптимизация работы существующих подразделений и открытие новых, среди которых лаборатория функционального анализа генома под руководством Михаила Скоблова, лаборатория компьютерного и математического моделирования биологических систем под руководством Артёма Жмурова и лаборатория прикладных кибернетических систем под руководством Тимура Бергалиева.

По итогам работы за прошедший год научно-педагогический коллектив ФБМФ был признан «Коллективом года — 2017». ■

# СРЕЗ ВРЕМЕНИ

*«Познай самого себя, и ты познаешь мир», — говорили древние греки. «Верно и обратное», — говорят современные биологи. Познание мира с помощью физики и математики привело к развитию техники, а развитие техники привело к развитию биологии. У человека появились не только новые знания об устройстве самого себя, но и новые инструменты для того, чтобы себя модифицировать или починить.*



Эукариотическая клетка — из таких клеток состоят люди, животные, растения и грибы. Источник: Cell World © 2014 Virtual Immersive Educational World

## ВЗЛОМАТЬ КОД ЖИЗНИ

По мере развития технологий, в особенности микроскопии, биология открывала все более тонкие тайны жизни. И так добралась до «машинного кода» живого существа — генома. Чтобы прочесть этот код, в 1990 году ученые запустили международный проект «Геном человека» по секвенированию всего человеческого генома. В результате десяти лет исследований стала известна полная последовательность ДНК. Первую технологию секвенирования придумали в 1977 году, с тех пор она сильно совершенствовалась и стала в 100 раз дешевле. В 2008 году запустили проект по секвенированию уже не одного, а 1000 людей. На данный момент оба проекта успешно завершились. В интересах человечества найти связь между генетическими мутациями и фенотипическими признаками, например, болезнями. Этим занимаются так называемые GWAS-исследования (GWAS расшифровывается как «полногеномный поиск ассоциаций»). Для некоторых заболеваний были найдены точечные мутации, которые их вызывают.

Раз некоторые болезни вызываются точечными мутациями, то логично научиться эти мутации исправлять. Манипуляциями с «кодом жизни» занимается генная инженерия. Одним из самых продвинутых методов является редактирование генома, при котором с помощью «молекулярных ножниц» вырезается участок генома. Было предложено несколько таких «ножниц» разной точности для разных организмов. Самое шумевшее открытие в этой области — система CRISPR/Cas9, которая позволяет довольно точно редактировать геном человека.

Игорь Ефимов, профессор Университета Джорджа Вашингтона (США), руководитель лаборатории физиологии человека МФТИ, поясняет: «Эффективное редактирование генома — важная задача, потому что много заболеваний основано на точечных мутациях. Надо не только научиться редактировать, но и доставлять средства

- «Часто мы слышим утверждение, что XX был веком физики, а XXI стал веком биологии. Но значит ли это, что в XXI веке развитие физики приостановилось или снизило свои темпы? Думаю, что нет. Напротив, успехи физики стали настолько значительными, что позволили объектом изучения физиков сделать наиболее сложно организованные системы — живые организмы. Так что я бы сказал, что мы можем сравнить успехи физики первой половины XX века с успехами биологической физики начала XXI. А это значит, что прорывных достижений мы ждем от специалистов с системными знаниями в области биологии и глубокой фундаментальной подготовкой в области физики и математики, сформированными умениями и навыками изучения тонких биологических процессов с использованием широкого арсенала современных средств измерения и моделирования живых систем», — считает директор по направлению биомедицины и фармацевтики МФТИ Виктор Назаров.

редактирования в нужный орган и в нужную клетку, это уже задача инженерии. Трансляция от чашки Петри до пациента настолько сложна, что пока непонятно, какие из методов получают развитие».

Еще одно новое направление — синтетическая биология. В 2016 году запустился проект уже не по прочтению генома, а по его созданию с нуля.

«Мы достаточно хорошо умеем секвенировать, но мы до сих пор не умеем синтезировать. Потому что в природе нет инструментов синтеза, в природе есть инструменты репликации: ДНК копируется по матричному синтезу, это всегда копия чего-то. Мы не можем написать себе код, который хотим. У нас есть химический тип синтеза, с помощью него мы можем собирать небольшие цепочки ДНК. Изобретение синтезатора, который позволит протяженные цепочки ДНК синтезировать де ново, позволит решать массу задач. Зная, какой элемент в геноме что регулирует, можно просто собирать нужные последовательности, создавать организмы», — рассуждает Павел Волчков, руководитель лаборатории геномной инженерии МФТИ.

## ДО ЧИСТОГО ЛИСТА

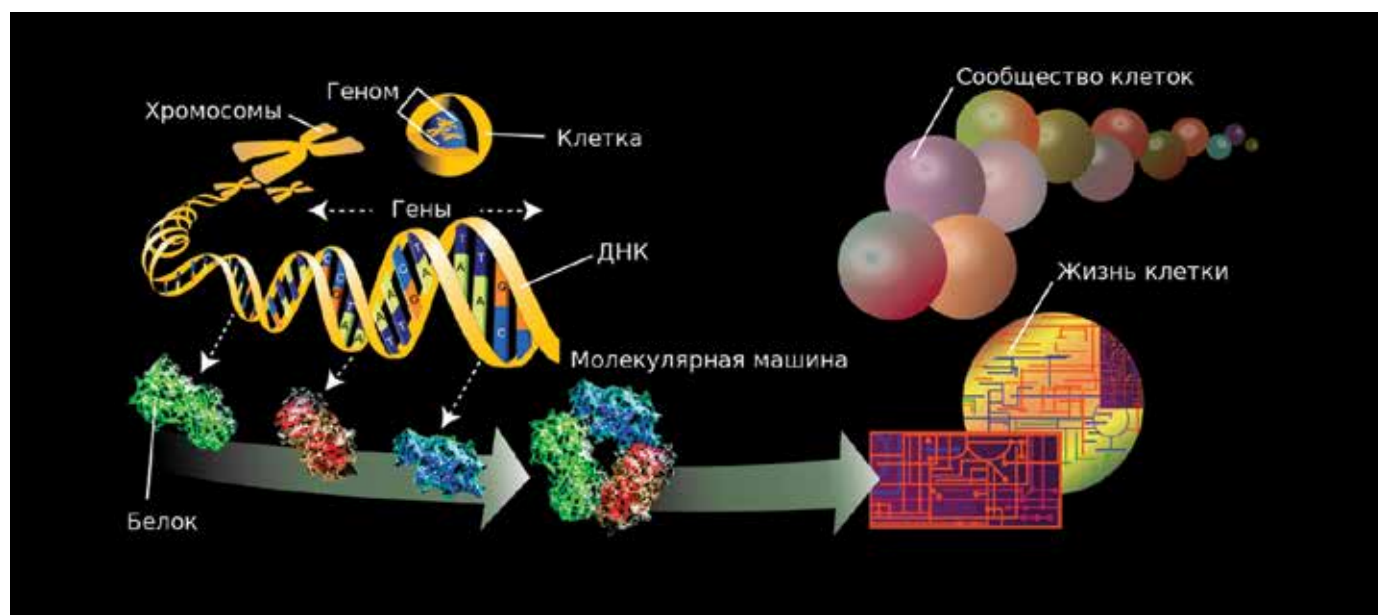
В 1999 году журнал Science назвал третье по значимости событие в биологии после открытия двойной спирали ДНК и проекта «Геном человека» — открытие эмбриональных стволовых клеток. Дело в том, что они могут дифференцироваться в любую клетку организма, благодаря чему получили широкое распространение в регенеративной медицине и тканевой инженерии. Так как клетки получали из человеческих эмбрионов, воз-

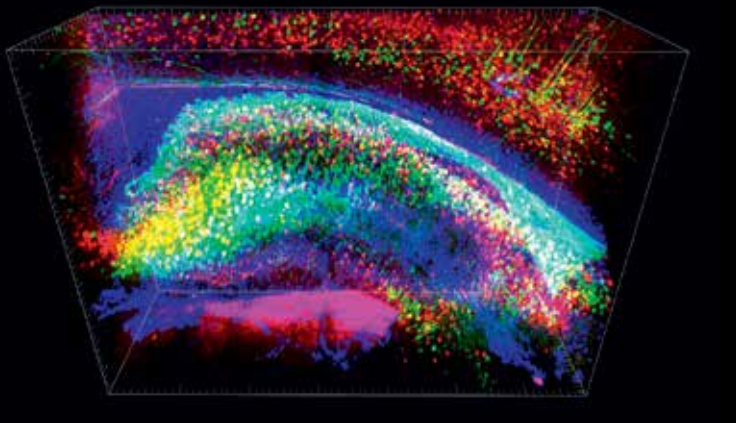
никли споры по поводу этичности их использования. В этом смысле предпочтительнее использовать клетки самого пациента, хотя стволовые клетки взрослого человека не так универсальны, как эмбриональные.

Джоном Гёрдоном было показано, что развитие обратимо, и взрослую дифференцированную (определившуюся с «профессией») клетку, в принципе, возможно вернуть в изначальное состояние. Он переносил ядро взрослой клетки в яйцеклетку с удаленным ядром, и в результате из яйцеклетки выросла новая организм со старым генетическим материалом. Позже этот принцип применили для клонирования организмов. Однако генетическая информация содержится не только в ядре. Так что это нельзя назвать полным клонированием. Ученые все еще сомневались, что взрослую клетку можно откатить к исходным характеристикам. Пока в 2006 году Синъя Яманака не замешал свой «магический коктейль» из четырех транскрипционных факторов. Оказалось, что всего четыре гена позволяют репрограммировать клетку. Это был огромный прорыв — теперь с помощью знания о том, как регулируется выбор клеточной «профессии», можно получать клетки любых тканей организма.

«Это послужило развитию в том числе биологии, основанной на воспроизводстве человеческих органов конкретно под пациента. Уже есть компании, которые занимаются этим: можно взять фибробласты пациента и вырастить конкретно для него, например, печень. То есть можно взять клетку и из этой клетки вырастить орган. Отсюда возникла идея 3D-принтинга: дедифференцировать разные клетки и из этих клеток собрать

Упрощенная схема реализации генов.  
Источник: William Crochot at English Wikipedia





Трехмерное изображение, полученное с помощью техники CLARITY. Показан срез гиппокампа мыши толщиной 1 мм. Возбуждающие нейроны помечены зеленым, тормозные — красным, а астроциты — синим. Источник: en.wikipedia.org/wiki/CLARITY

уже определенные ткани, определенный орган. Другой подход — подобрать разные регуляторные вещества, чтобы вырос нужный орган», — дополняет Алексей Колодкин, исполнительный директор Голландского подразделения ISBE-Light (the Infrastructure of System Biology Europe — инфраструктура системной биологии в Европе), научный сотрудник Университета Амстердама, старший научный сотрудник Института цитологии и генетики Сибирского отделения РАН.

## ВИЗУАЛИЗАЦИЯ МЕЧТЫ

За последние несколько лет появились такие методы биомедицинской визуализации, о которых раньше не могли и мечтать. В 70-х люди научились получать антитела, специфические к заданным генам, — это произвело фурор в биологии и медицине. Антитела применяются в диагностике и лечении заболеваний, и с их помощью можно окрасить почти любой белок в срезе ткани. Затем научились использовать флюоресцирующие белки, которые позволили окрашивать клетки, не убивая их. Один из ярких (в прямом смысле слова) примеров использования флюоресцирующих белков — метод Brainbow, который появился в 2007 году. А в 2013 году Карл Диссерот разработал метод CLARITY, который делает мозг прозрачным и позволяет микроскопу заглянуть в 70 раз дальше обычного. Имя Карла Диссерота связано еще с одним общеизвестным методом визуализации — оптогенетикой. Она открыла новые возможности для изучения мозга: с помощью света можно активировать и подавлять нейроны определенного типа. Экспериментаторы пробуют использовать оптогенетику даже для исправления некоторых нарушений в работе органов, например, аритмии.

В семидесятых же появляются такие методы визуализации, как компьютерная томография (КТ), магнитно-резонансная томография (МРТ) и позитронно-эмиссионная томография (ПЭТ). Благодаря им стало возможным исследовать живой организм, не вмешиваясь в него механически.

Наталья Траянова, профессор Университета Джона Хопкинса (США), рассказывает: «Область, в которой я работаю, — вычислительная кардиология — смогла развиваться благодаря последним достижениям в лучевой диагностике (например, КТ, МРТ) и алгоритмическим описаниям живых систем. Первый магнитно-резонансный томограф, напоминающий по своей конструкции те, что используются в диагностике сегодня, был создан в 1970-х годах. За изобретение метода МРТ в 2003 году вручили Нобелевскую премию по медицине. А математическое моделирование живых систем — самая горячая тема на сегодняшний день».

## БОЛЬШОЕ РАЗОЧАРОВАНИЕ

«Мы думали, что когда секвенируем геном, то сразу же все поймем. Но секвенирование привело к тому, что просто образовалось большое количество информации, которую сложно осмыслить», — делится Алексей Колодкин.

На данный момент известно около 20 тысяч генов человека и даже то, что они кодируют. Однако не всегда и не везде ген реализуется. Жизнь гена — это транскрипция, трансляция и промежуточные процессы, а сам ген — это участок ДНК. В результате транскрипции получается молекула РНК,



Геном одного человека, первая распечатка. 3,4 миллиарда букв последовательности ДНК напечатаны едва различимым шрифтом. Больше ста томов, в каждом около тысячи страниц (на корешках указана хромосома). Источник: Russ London at English Wikipedia



или транскрипт. Эта молекула РНК может быть функциональна сама по себе, и на этом работа гена заканчивается. Либо дальше происходит синтез белка (трансляция). Прохождение гена через эти жизненные этапы зависит от регуляторных элементов — это могут быть белки, участки ДНК и РНК. Причем в результате может получиться белок, который существует только для того, чтобы регулировать жизнь других генов. А те, в свою очередь, участвуют в регуляции еще каких-то генов. Таким образом, все гены включены в сложную и запутанную регуляторную сеть. И так на всех уровнях организации жизни: все со всем связано.

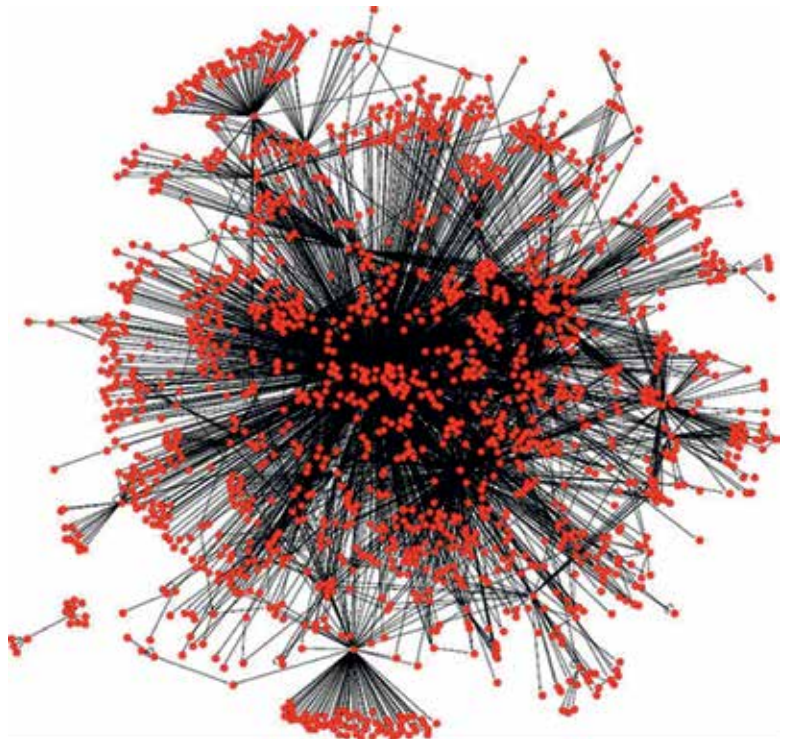
Антонио дель Соль Меза, профессор Люксембургского университета и визит-профессор ФБМФ, поясняет: *«Все всегда понимали, что биология — это не одна молекула, не один ген, это комплексная система, но экспериментальные ограничения приводили к тому, что люди изучали отдельные гены. В некоторых случаях это было успешно. Но большинство болезней зависит от множества факторов».*

Сейчас активно развиваются технологии, которые позволяют подойти к изучению сложной многокомпонентной системы с разных сторон: со стороны генов, белков, транскриптов и т. д. Это так называемые омиксные технологии: геномика, протеомика, транскриптомика, метаболомика и многие другие.

## ВРЕМЯ ИЗМЕНЕНИЙ

Игорь Ефимов подтверждает: *«Сейчас происходит общебиологическая трансформация: строить карьеру, изучая один конкретный белок, — это бессмысленно и непродуктивно. В сердечно-сосудистой области практически нет лекарств, которые работают, а половина смертей происходит из-за кардиологических болезней. Имплантированные приборы используются и совершенствуются, а с лекарствами дело обстоит хуже. Работающие лекарства — это бета-блокаторы, но они были изобретены еще в 50-е годы. Мало чего было изобретено с тех пор (не считая имплантов). Я думаю, если подход сменится на более системный, — тогда нас ждут прорывы».*

В XXI веке получает развитие системная биология — междисциплинарная область, которая также представляет из себя новую научную парадигму. В ее основе лежит мысль, высказанная еще Аристотелем: «целое больше, чем сумма его частей». Это означает, что понимание того, как работает каждый отдельный элемент (ген), не дает нам понимания о том, как работает система (организм) в целом. Системная биология пытается на основе собранных данных сделать вывод о функционировании комплексной системы, будь



Транскрипционная регуляторная сеть кишечной палочки (*E. coli*). Красные точки — гены, черные линии — регуляторные взаимодействия. Ученые ищут, по каким принципам организуются эти взаимодействия в природе, и пытаются разгадать скрытую архитектуру, управляющую регуляторными сетями.  
© 2010 Nature Education

то клетка или целый организм. Математическое моделирование является одним из главных инструментов системной биологии. Сейчас имеется столько информации, что человеческий мозг уже не справляется с таким объемом. Проще объединить знания в компьютерной модели, описав все процессы в виде математических уравнений.

Системные биологи надеются, что расширение возможностей человеческого мозга с помощью модели приведет к прорывам, как когда-то привело расширение возможностей человеческого глаза с помощью микроскопа. Но чтобы смоделировать систему, нужно очень хорошо понимать, как работает каждый ее элемент и как они взаимодействуют. Здесь важную роль играют омиксные технологии — развитие системной биологии зависит не только от развития вычислительных методов.

Алексей Колодкин дополняет: *«Сейчас мало исследований идет в общую копилку. Система грантов построена на том, что требуется конкретный, пусть маленький, но результат. Более эффективно запустить глобальный проект, данные для которого собирают разные исследовательские центры, специализирующиеся на чем-то одном. Так, если провести очень много измерений, получится создать виртуального человека — полную компьютерную модель. Можно будет настроить эту модель под конкретного пациента, понять его работу и предоставить ему персонализированное лечение».* ■

# РАЗГОВОРЫ ЗА ЖИЗНЬ

*Лаборатории МФТИ охватывают различные биологические направления, начиная от геномной инженерии и заканчивая изучением молекулярных механизмов старения. Над чем и как работают ученые Физтеха — рассказываем в нашем материале.*

**Максим Никитин**, руководитель лаборатории нанобиотехнологий:

— Наша лаборатория занимается всем, что касается наночастиц и life science: начиная от неорганического синтеза наночастиц до их покрытия полимерами и оснащением различными функциональными молекулами, например, рецепторами. Изучаем, как эти частицы взаимодействуют друг с другом, с клетками и как они ведут себя в живом организме, то есть как доставляют лекарства.

Из магистральных направлений можно выделить биосенсорику. Мы пытаемся разработать принципиально новые подходы для детекции различных веществ в образцах, например, для анализа крови. Это направление можно быстрее всего коммерциализировать. Сейчас самая передовая компания в Москве присылает вам результаты где-то через четыре часа после того, как вы сдали анализы. Наша задача — сократить высокоточный анализ до 10 минут, чтобы получить результаты непосредственно на приеме у врача. Доктор сразу может учесть эти данные, назначая лечение. Помимо увеличения скорости анализа, все заинтересованы в том, чтобы новые методы были чувствительнее и точнее. Над этим мы тоже активно работаем.

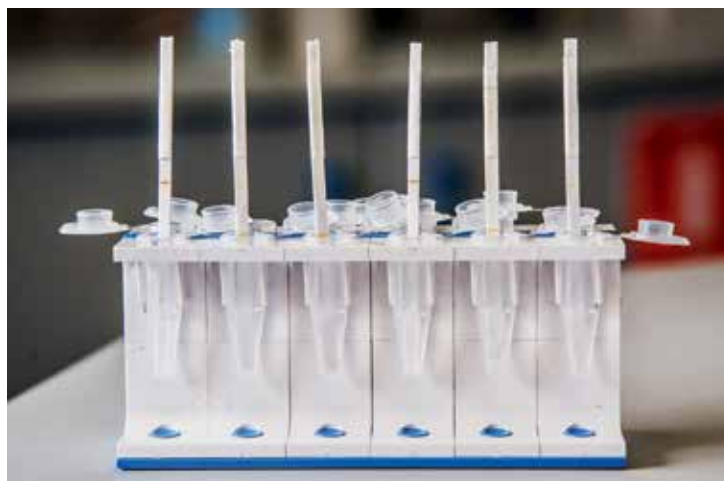
Следующее направление — это системы доставки лекарств. Под «доставкой» имеется в виду не «Почта России», а нацеливание лекарства на нужную мишень в организме. Задача — сделать «умный» агент, который бы точно находил опухоль, не влияя на здоровые ткани, и дальше действовал бы на нее, максимально адаптируясь под ее особенности. Для реализации этого проекта в нашей лаборатории мы создаем многофункциональные наночастицы, обладающие одновременно диагностическими и терапевтическими функциями. Например, магнитные частицы могут контрастировать МРТ-изображение, флюоресцентные системы могут давать хорошую оптическую визуализацию и так далее. И этот же агент должен выполнять терапевтические задачи: нести токсические молекулы или гены, если речь идет о генной терапии.



*Биосенсорная тест-система, определяющая концентрацию конкретных белковых молекул в жидкости*

“*Наша задача — сократить высокоточный анализ до 10 минут, чтобы получить результаты непосредственно на приеме у врача*”

Одна из самых интересных работ в этом направлении опубликована нами в Nature Nanotechnology. Она посвящена созданию вычислительных наночастиц — нанороботов, которые анализируют свое локальное окружение и выполняют одно из двух действий. Мы программируем частицу, чтобы она активировалась только в том случае, если встречается набор молекул, характерный для заболевания. Если набор не характерный, частица остается инертной. Эту работу мы развиваем как с точки зрения доставки лекарств, так и с точки зрения диагностики. Есть много других сопутствующих направлений: разработка новых наночастиц, выделение новых антител и так далее.



С помощью  
гель-дока можно  
визуализировать  
длину полученного  
фрагмента ДНК,  
в который были  
внесены изменения



**Павел Волчков, руководитель  
лаборатории геномной инженерии:**

— Наша лаборатория занимается достаточно разнообразными проектами, и инженерная часть — это то, что их объединяет.

Мы ищем и адаптируем новые инструменты для редактирования генома.

Это те самые новомодные инструменты на основе CRISPR/Cas системы. Самый известный адаптированный инструмент — Cas9, но также существуют Cpf1, C2C2... Тема редактирования генома — одна из самых «горячих» в научном сообществе. Открытие нового эффектора важно с экономической точки зрения и даст заметный толчок развитию геномной инженерии.

Однако это не значит, что мы ждем «своего эффектора», уже сейчас мы активно используем известные системы для создания платформ редактирования генома растений, животных, птиц и человека, решая фундаментальные и прикладные задачи. Чтобы понять, на какой стадии сейчас находится редактирование генома, можно привести следующее сравнение. Если вы переместитесь на 150 лет назад, вооруженные всеми знаниями о современном машиностроении, у вас все же не будет технологической инфраструктуры: заводов, фабрик смежных технологических решений — и, конечно, у вас не будет специалистов. Примерно то же самое происходит сейчас с редактированием. Несмотря на уже большой багаж знаний, мы испытываем технологический (инженерный) дефицит. Мы постепенно выстраиваем «конвейер», как Генри Форд. Технология при всей своей, на первый взгляд, волшебности

должна созреть: для этого нужно выстроить инструментальный процесс.

Примером использования систем редактирования является один из проектов нашей лаборатории — по созданию птиц, резистентных к гриппу. Помимо прикладной ценности проекта, мы хотим предотвратить переход вируса к домашней птице из естественного резервуара — водоплавающих птиц. В России ежегодно производится более 6 млн тонн мяса птицы. В Китае — в десятки раз больше. При таких масштабах популяции вирус может мутировать с огромной скоростью, постоянно пытаюсь «перепрыгнуть» на человека напрямую или через посредников (свиньи). Как только подбираются оптимальные мутации, которые дают вирусу возможность преодолеть межвидовой барьер (а при таких масштабах это крайне вероятно), — мы сталкиваемся с угрозой пандемии — это самое ужасное, что вирус может вызвать. Количество жертв прошлых пандемий переваливает за десятки и сотни миллионов людей. Мы создаем барьер, модифицируя домашнюю птицу таким образом, чтобы она стала невосприимчивой к вирусу гриппа и не смогла передать нам из естественного резервуара смертоносную для человека разновидность вируса. (Подробнее о лаборатории читайте на стр. 48 — Прим. ред.).



“ Если вы переместитесь на 150 лет назад, вооруженные всеми знаниями о современном машиностроении, у вас все же не будет технологической инфраструктуры. Примерно то же самое происходит сейчас с редактированием ”

**Валентин Борщевский,**  
заместитель директора Центра исследований  
молекулярных механизмов старения  
и возрастных заболеваний:

— Наш центр называется «Центр исследования молекулярных механизмов старения и возрастных заболеваний». «Молекулярные механизмы» — это суть того, чем мы занимаемся.



Вторая часть названия — это то, к чему мы стремимся. В нашем центре пять лабораторий, у каждой — своя тематика, но все они занимаются исследованием молекулярных механизмов, которые связаны с процессом старения организма или клетки.

Первая и одна из основных лабораторий — «Лаборатория перспективных исследований мембранных белков». Мембранные белки — очень важные объекты в организме, которые встроены в мембрану, отделяющую внутреннюю и внешнюю части клетки. И именно через эти белки клетка взаимодействует с внешним миром. Если вы знаете, как они работают, как устроены их молекулярные механизмы, вы можете влиять на очень многие вещи. Около 60% всех лекарств, которые сейчас известны, действуют именно на мембранные белки, во многом потому что это наиболее доступный для воздействия объект.

В лаборатории есть несколько направлений. Самое важное и интенсивно развивающееся — оптогенетика. Здесь занимаются разработкой молекулярных инструментов для управления клеткой. Недавно было показано, что ею можно управлять при помощи света. Клетку нервной системы можно активировать с помощью света. Чтобы она научилась это делать, надо вставить в ее мембрану специальный белок, который будет менять ее потенциал при поглощении света. Такие белки необходимо подробно исследовать, чтобы научиться их изменять и вставлять в клетку. Это одно из направлений, которыми мы занимаемся.

«Лаборатория физики и химии липидов» изучает, каким образом можно создать естественное

окружение для мембранных белков. Дело в том, что как только мембранный белок оказывается вне мембраны, он тут же разрушается. Он не может находиться в растворе — только в мембране. Чтобы создать для него правильное окружение, нужно хорошо понимать химию липидов. Именно это область научных интересов нашей химической лаборатории. Также здесь занимаются разработкой и синтезом лигандов и многими другими химическими задачами.

Следующая — «Лаборатория структурной биологии рецепторов, сопряженных с G-белком». По-английски это звучит короче, потому что эти рецепторы называются GPCR. Они представляют собой основной класс рецепторов человека — белки, которые задействованы во всех системах человеческого организма. Существует более 800 видов таких белков. Они участвуют в развитии многих заболеваний, например, в проникновении ВИЧ в человеческую клетку. Так как мы тематически связаны со старением, в первую очередь нас интересует развитие рака, воспалительных процессов и сердечно-сосудистых заболеваний. Лаборатория изучает молекулярные механизмы работы этих белков и способы управлять их работой, чтобы влиять на развитие этих патологий. В перспективе это направление будет сильно связано с фармацевтикой, потому что эти белки — основные медицинские мишени для разработки лекарств.

Лаборатория молодого ученого Ивана Гущина занимается анализом и компьютерным моделированием молекулярных механизмов. Когда вы узнали, как устроен ваш белок, и у вас появились соображения, как он может осуществлять свою работу, оказывается, что просто посмотреть на него недостаточно. Вам до сих пор неизвестно, какие его части наиболее важны, как они движутся при работе белка и как, наконец, можно его поменять (например, мутировать), если хочется изменить его функцию или добавить новые свойства. Наиболее адекватно сейчас это можно сделать при помощи компьютерных расчетов — над этим и работают в лаборатории (подробнее об Иване Гущине и его лаборатории читайте на стр. 56 — Прим. ред.).

Совсем недавно была открыта еще одна лаборатория, мы сейчас занимаемся развертыванием ее работы. Это лаборатория профессора Норберта Денчера. Она больше сфокусирована на нейродегенеративных заболеваниях, в частности, на болезни Альцгеймера. Пожалуй, болезнь Альцгеймера — следующий большой вызов человечеству после того, как будет решена проблема рака. Эта проблема и сейчас остро стоит, но чем старше становится человечество, тем важнее становится проблема.

“ **Болезнь Альцгеймера — следующий большой вызов человечеству после того, как будет решена проблема рака. Чем старше становится человечество, тем важнее становится эта проблема** ”

**Артём Жмуров, руководитель лаборатории компьютерного и математического моделирования биологических систем:**

— По историческим причинам название «Лаборатория компьютерного и математического моделирования биологических систем» не совсем точно соответствует направлению наших исследований. Занимаемся мы вычислительной молекулярной и клеточной биофизикой. Основным инструментом, который мы используем, — молекулярное моделирование.

Работа ведется в двух направлениях. Во-первых, используя готовые платформы для моделирования, мы проводим вычислительные эксперименты на наборе разных молекул. Во-вторых, развиваем свои методы молекулярного моделирования, чтобы обойти некоторые ограничения, связанные с использованием стандартных.

Биологические молекулы — уникальная комплексная система. С одной стороны, они очень маленькие, и чтобы их понять, нужен сложный эксперимент. С другой, они состоят из десятков и сотен тысяч атомов, которые непрерывно движутся и взаимодействуют. С точки зрения физики это задача  $N$  тел, где  $N$  — очень большое число. Добавляем к этому то, что атомы движутся достаточно быстро и колеблются с периодом в фемтосекунды. Получается, что решить такую задачу вычислительными методами не так-то просто. Поэтому мы занимаемся в том числе развитием этих методов.

Мы работаем с достаточно большим спектром биомолекулярных систем. Например, много работ сделано по фибриногену — молекуле, которая

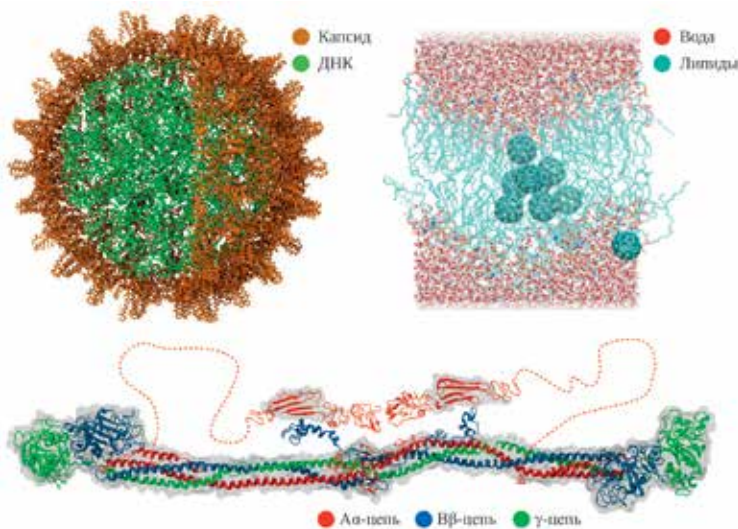


“ **Наличие собственного софта — большое преимущество, это как набор отверток против одной, пусть даже очень хорошей отвертки** ”

отвечает за свертываемость крови. Много людей умирает из-за того, что система свертываемости крови работает неправильно. Может оторваться тромб, закупорить сосуд, и человек получает инфаркт или инсульт. Фибриноген является основной белковой единицей, которая работает в этой системе. Кроме этого, работаем с капсидами вирусов (внешними оболочками вируса, чем они прочнее, тем выше способность к инфицированию), тубулином и микротрубочками, изучаем механику белковых молекул. Филипп Орехов, заместитель заведующего лабораторией, принес в лабораторию проекты, связанные с биологическими мембранами и мембранными белками.

У нас есть свой программный пакет, который позволяет производить молекулярное моделирование. Мы нарочно сделали его внутри достаточно простым. Если хотим исследовать что-то новое, можем легко добавить в него новую функциональность и быстро получить результаты. Чтобы сделать это с доступными программными продуктами, требуется огромное количество времени. У нас же все сделано максимально просто. Это один из инструментов, который мы активно используем, например, при работе с капсидами и фибриногеном. Наличие собственного софта — большое преимущество, это как набор отверток против одной, пусть даже очень хорошей отвертки.

Когда вы занимаетесь вычислительными исследованиями, даже что-то очень интересное будет сложно опубликовать в отрыве от экспериментальных данных. Поэтому мы активно взаимодействуем с экспериментальными группами из МГУ и Университета Пенсильвании (США). Также, благодаря Филиппу Орехову, мы взаимодействуем с Университетом Оснабрюка (Германия) и Высшей технической школой Цюриха (Швейцария). Но у нас есть и преимущество перед экспериментальными лабораториями. Нам не нужны дорогостоящее оборудование, большие помещения, «чистая комната». Все, что необходимо, — это компьютеры с доступом в интернет и где-то расположенные вычислительные мощности.



Некоторые биомолекулярные системы, исследуемые в лаборатории: вирусная частица (слева сверху), молекулы фуллерена внутри клеточной мембраны (справа сверху), молекула фибриногена (внизу)

→ **Анатолий Сорокин,**  
научный сотрудник лаборатории  
ионной и молекулярной физики:

— Лаборатория занимается масс-спектрометрией в приложении к различным задачам, главным образом к медицинским.

Биологические объекты являются одними из самых сложных с точки зрения анализа состава, а масс-спектрометрия позволяет собирать одновременно полную информацию о составе образца и сравнивать ее. Один из самых перспективных наших проектов, связанных с медициной, — это так называемый «интеллектуальный скальпель». Этот проект поддержан грантом Российского научного фонда.

Одна из проблем современной нейрохирургии — как удалить опухоль, не вырезав слишком много или слишком мало. Если удалить слишком мало опухолевой ткани, сильно возрастает вероятность рецидива. В мозговых тканях каждый лишний вырезанный сантиметр с большой вероятностью означает потерю той или иной функции, и здесь особенно важно правильно выделить границы опухоли. На данный момент есть два основных метода. Первый — позиционирование, когда границы опухоли определяют до операции по МРТ. Второй — флюоресцентный, когда раковые маркеры помечают флюоресцирующими метками. Однако операции на мозге, как правило, длительные, и флюоресцентная метка в большинстве случаев успеваеt выгореть.



Чтобы решить эту задачу, пробуют разные варианты. Масс-спектрометрия — один из наиболее удобных способов, потому что он быстрый и простой, не требует большого количества операций. Прибор также легко поставить возле операционной. Взял образец, засунул в прибор, загорелась зеленая или красная лампочка: резать дальше или не резать. Мы уже построили классификатор, который позволяет с вероятностью около 80% предсказывать наличие в образце здоровых, опухолевых и некротических тканей.

“**Одна из проблем современной нейрохирургии — как удалить опухоль, не вырезав слишком много или слишком мало**”

*За работой на масс-спектрометре высокого разрешения с орбитальной ионной ловушкой типа ORBITRAP*

Что сейчас происходит в операционной? Когда ясно, что основу опухоли убрали, нужно понять, что делать дальше. Хирург берет образец пограничной ткани и отправляет его на гистологию. Там его замораживают, срезают, красят. Патоморфолог под микроскопом смотрит и дает ответ: резать или не резать. Эта процедура занимает около 20 минут, а человек лежит с раскрытой головой и ждет, пока хирурги определятcя. В случае применения масс-спектрометра потребуется 5–7 минут на то, чтобы снять спектр. Причем технология не предполагает участия человека, решение о том, резать или не резать, будет принимать не врач. То есть уменьшается не только время проведения операции, но и нагрузка на медперсонал.

Поскольку мозг — ткань мягкая, ее можно собирать вакуумным аспиратором (отсасывателем). Наша идея заключается в том, чтобы аспирационный материал можно было бы собирать и анализировать «на лету» во время операции. Пока мы до этого еще не добрались, но если это будет на самом деле интеллектуальный скальпель, он так и будет себя вести: не просто удалять ткань, а одновременно анализировать и говорить хирургу, что пора останавливаться.



**Елена Марусич,**  
заместитель заведующего  
лабораторией разработки  
инновационных лекарственных  
средств и агробихотехнологий:



— Магистральным направлением деятельности нашей лаборатории является изучение механизмов, факторов и средств, способствующих активному (здоровому) долголетию. Поэтому в сферу наших научных интересов входит как изучение самих процессов старения на модельных коротко живущих организмах (беспозвоночные — круглые черви семейства *Caenorhabditis elegans*, и позвоночные — рыбы *Nothobranchius furzeri*), так и клеточные модели возраст-связанных заболеваний, таких как деменции (например, Альцгеймерского типа) и онкология. В области онкологии научный сотрудник Роман Чупров-Неточин совместно с лабораторией профессора Alexis Gautreau (l'Ecole Polytechnique, Франция, и визит-профессор МФТИ) сейчас ведет работы по изучению нового механизма развития опухолей и разработке инновационного лекарственно-го средства, тормозящего этого процесс.

Кроме этого, в противораковой области у нас ведется работа по ранней диагностике этого заболевания, я бы даже сказала, предранней — по анализу экзосом (экзосомы — наноразмерные пузырьки, выделяемые в межклеточное пространство клетками различных тканей и органов). Эта работа проводится под руководством научного сотрудника Василия Чернышёва. Расшифровка содержимого экзосом, выделенных от раковых больных, не только дает важную диагностическую информацию, но и позволяет пролить свет на механизмы метастазирования опухолей в человеческом организме.

Интересное направление, которое находится под моим руководством, — разработка клеточной модели фаготерапии. Это новая клеточная модель по бактериофагам как способ борьбы с клиническими инфекционными заболеваниями. Данная работа интересна с точки зрения поиска альтернативных подходов к противомикробной терапии. Вместо того, чтобы искать новые антибиотики, к которым патогены все равно приспособятся, можно использовать так называемые коктейли из бактериофагов. Но ни в одной стране

мира, включая Россию, коктейли из бактериофагов еще не признаются в качестве лекарственных препаратов. Наша задача — перевести их в группу лекарственных средств. Для этого нужно четко провести стандартизацию этих вирусов бактерий. Исследование механизмов вирулентности (способности фага находить и поражать бактерии), а также поиск новых литических штаммов бактериофагов для борьбы со множественно-устойчивыми к антибиотикам бактериями, вызывающими внутрибольничные инфекции, — еще одно важное направление, руководимое старшим научным сотрудником лаборатории Анастасией Поповой.

Также в нашей лаборатории много усилий, и с положительными результатами, направлено на поиск новых геропротекторов. («Геропротектор» дословно переводится, как «защищающий от старости».) Кроме того, мы исследуем возможный геропротекторный эффект уже имеющихся в фармацевтике медицинских препаратов. Наши аспиранты уже проверили целый набор препаратов против сердечно-сосудистых заболеваний. Оказывается, что они влияют еще и на продолжительность жизни. Открывая новые свойства уже зарегистрированных препаратов, можно сократить время, которое требуется для введения нового лекарства на рынок, а это в лучшем случае 10–20 лет!



Изучение продолжительности жизни на модели нематод *C. elegans*

“ Открывая новые свойства уже зарегистрированных препаратов, можно сократить время, которое требуется для введения нового лекарства на рынок ”

# МУЛЬТИДИСЦИПЛИНАРНОЕ ОБРАЗОВАНИЕ: ОБЪЯТЬ НЕОБЪЯТНОЕ?



Алфавит  
человека.  
Источник:  
coursera.org

*Согласно «Атласу новых профессий», до 2020 года в России должны появиться такие профессии, как системный биотехнолог и биофармаколог. Позднее возникнут профессии урбаниста-эколога — такие специалисты будут проектировать высокотехнологичные «зеленые города» на основе экологических технологий, — архитектора живых систем, а также другие квалификации, связанные с развитием биотехнологий. Необходимость в подобных экспертах ведет к созданию соответствующих мультидисциплинарных образовательных программ. Такое образование состоит из традиционных направлений обучения. Например, физика и биология или биология и Computer science. И тот и другой предмет должны преподаваться на высоком уровне. Возникает вопрос, как в погоне за междисциплинарностью сохранить глубину освоения фундаментальных знаний?*





## □ ТЕХНОЛОГИИ МЕНЯЮТ ОБРАЗОВАНИЕ

С середины 90-х в связи с развитием технологий и последовавшим размытием границ между разными научными областями формируется новый класс специалистов. Это люди, получившее мультидисциплинарную подготовку, способные работать на стыке наук и при этом, как правило, имеющие хорошие навыки в Computer science. Нужда в таких специалистах возрастает с каждым годом, поскольку все чаще появляются новые профессии, которые требуют знаний в несвязанных, как может показаться, между собой сферах. Примером могут служить уже сложившиеся на сегодня специальности, требующие знаний как по биологии, так и по другим дисциплинам: биофизика, биоинформатика, биомедицина.

Новые технологии — в значительной степени компьютерные — требуют определенных знаний, понимания моделей, анализа данных. В этих условиях выпускники технических университетов, способные понять задачу, которая включает в себя формальное моделирование — математическое, компьютерное — будут наиболее эффективны. Именно одновременное изучение фундаментальных дисциплин и принципов построения сложных моделей формирует новый подход к привычным научным направлениям, таким как биология или медицина. Классическая подготовка специалистов, не включающая одну из указанных составляющих, уже начинает уступать свои позиции мультидисциплинарной в подобных сферах.

Таким образом, развитие образования во многом следует в направлении движения технологического прогресса. Поэтому выпускники университетов должны уметь работать с передовыми технологиями, ориентироваться в широком круге научных направлений для оптимального решения своих задач. В медицине и биотехнологиях уже сегодня все чаще требуется хорошее понимание физики, математики, статистики, информатики.

«Сейчас биоинформатика — одна из главных дисциплин. В Университете Люксембурга биоинформатика стала очень популярным предметом. Современная биология — это не только работа с пробирками, но и работа с данными», — говорит

Проект  
экогорода  
Тяньцзинь  
в Китае.  
Источник:  
simtropolis.com

профессор Люксембургского университета Антонио дель Соль Меца.

Такую точку зрения разделяет и заведующий кафедрой биоинформатики МФТИ, директор Центра биоинформатики в Georgia Tech Марк Бородавский: «Те тенденции перемен в образовании, которые видны сейчас, — это тенденции, связанные с революцией в компьютерной сфере. Прикладная математика, высокопроизводительные вычислительные системы — это те компоненты, которые часто включаются в мультидисциплинарные специализации. Что касается революции, которая происходит в науке о жизни и в биотехнологиях, это тоже следствие сочетания Computer Science, математики, статистики и биологии. Большое количество мультидисциплинарных направлений включает и будет включать в себя Computer Science».

## В ПОГОНЕ ЗА АКТУАЛЬНОСТЬЮ

В университетах находится большое количество людей, работающих по разным научным направлениям. Благодаря возможности совместной работы специалистов в различных научных областях на базе университетов оказываются очень эффективными междисциплинарные исследования. Это дает хороший толчок развитию научных исследований в университетских кампусах, поскольку на стыке дисциплин возможны самые прорывные открытия и разработки. Впрочем, реализация высококлассных междисциплинарных исследований может столкнуться с определенными трудностями уже на начальной стадии. Так, для создания искусственного глаза необходимы специалисты из 16 разных сфер. Однако столь широкий спектр узких специалистов есть далеко не в каждом университете. Налицо необходимость в мультидисциплинарной подготовке будущих ученых.

Университет  
Кингстона.  
Источник:  
kingston.ac.uk



Из-за растущей нужды в специалистах, обладающих знаниями в разных научных областях, в странах Европы и Америки началась либерализация образовательных программ. Западные вузы активно ищут возможности для увеличения свободы выбора студентов. Появляются достаточно гибкие планы обучения, которые включают курсы по самым разным областям знания. Существуют базовые дисциплины — предметы, которые студенты должны изучить, выбрав то или иное направление подготовки. Количество этих обязательных предметов составляет 50–60%, остальные — по выбору. Такая свобода в обучении очень полезна. Студенты задумываются о том, чем именно они занимаются, в каком направлении двигаются, делают осознанный выбор. В то же время они могут оптимизировать и максимально приблизить к своим интересам программу обучения в университете.

О важности базового образования для подготовки молодых ученых напоминает научный руководитель Института математических проблем биологии Виктор Лахно: «Мир идет по пути все большей специализации. Трудно представить себе такое место, где требуется человек, знающий обо всем понемногу. Базовое образование в этом отношении подобно стволу клетки, которая в процессе дальнейшего использования дифференцируется».

Иной подход к обучению мультидисциплинарных специалистов может заключаться в достаточно строгом регламентировании образовательной программы. В таком случае свобода выбора изучаемых курсов для студентов сводится к минимуму, так как программа разрабатывается и структурируется администрацией вуза. Если рассматривать опыт западных учебных заведе-

ний, напрашивается вывод, что такая методика подготовки студентов постепенно устаревает.

Университеты также стараются организовывать образовательную деятельность таким образом, чтобы она включала в себя новые научные направления. При появлении перспективной области исследований администрация может привлечь профессоров и преподавателей своего университета к созданию соответствующей образовательной программы.

«В середине 90-х годов, когда я начинал работать в Georgia Tech, администрация обратилась ко мне с просьбой организовать программу по биоинформатике. Мы начали ее делать в 98-м, и открылось это направление в 99-м году. Это была первая подобная программа в США. И поводом для ее создания была очень успешная работа моей лаборатории. Мы участвовали в геномной революции на стороне биоинформатики. Хотя понятие “биоинформатика” появилось в 97-м году, мы занимались этим направлением и раньше. То есть администрация университета, понимая, что эта область имеет большой потенциал развития, попросила такую программу создать. Она включает в себя Computer Science, математические и биологические предметы. При этом студенты имеют еще дополнительные степени свободы. Они могут выбирать предметы, которые им нравятся, и это засчитывается в общее количество учебных часов. Такую же программу попросила создать и администрация Физтеха в 2012 году. И, в общем, мы с этим справились успешно. Сейчас у нас на кафедре, которая является одной из самых больших на факультете биологической и медицинской физики, обучается 51 студент», — рассказывает Марк Бородавский.

Технологический институт Джорджии.  
Источник: lakeflato.com



# Н В ОДНОМ, ИЛИ НАСКОЛЬКО РАЗНОМУ УЧАТ НА ФИЗТЕХЕ

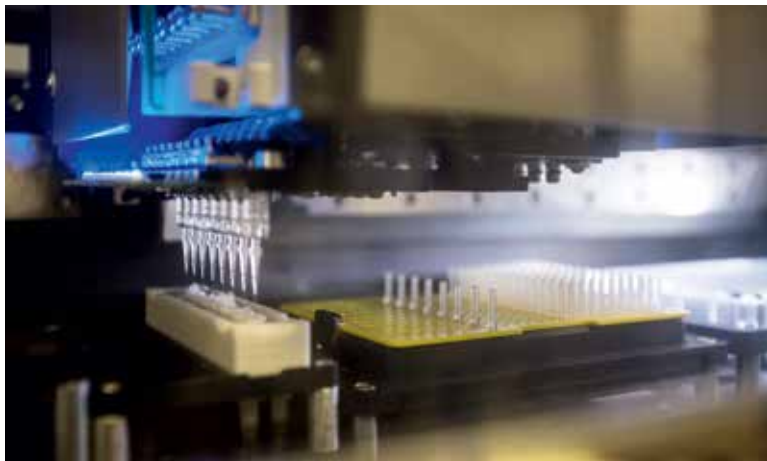
*«Задача объединения образовательных программ по разным направлениям достаточно успешно решается на Физтехе — то, что касается биофизики, — уже довольно давно. Биофизика, я помню, читалась здесь еще с 60-х годов. То есть мультидисциплинарность в каком-то виде в МФТИ закладывалась очень много лет назад», — вспоминает Марк Бородавский.*

Кафедра физики живых систем была организована на Физтехе в 1965 году. Студенты, помимо базового фундаментального физико-математического курса, получали здесь основные знания в медико-биологической области, необходимые для научных исследований процессов, протекающих в живых организмах. С 1984 года более 20 лет кафедру возглавлял легендарный хирург профессор Валерий Шумаков, с 2008 года заведующим является его ученик — президент НИИ скорой помощи им. Н. В. Склифосовского профессор Могели Хубутя. Именно на кафедре физики живых систем в 2000 году зародилась идея о создании в МФТИ учебной программы для подготовки физиков-исследователей с высшим медицинским образованием.

**“ На Физтехе можно было часто услышать: «только физика — соль, остальное все — ноль». Но по мере взросления человек понимает, что во всех отраслях науки возникают сложные, в том числе физические задачи, для решения которых требуются хорошие физики ”**

Новая веха физтеховского мультидисциплинарного образования связана с созданием в 2012 году факультета биологической и медицинской физики (ФБМФ). Он был организован для подготовки специалистов в области здравоохранения, которая включает в себя разработку и внедрение новых лекарственных средств, медицинских изделий и лечебно-диагностических методик.

Студенты ФБМФ получают традиционную для Физтеха физико-математическую базовую



*Оборудование в биологической лаборатории МФТИ*

подготовку, а также знания по информатике, химии и биологии. Уже сейчас на факультете готовят специалистов по нескольким междисциплинарным направлениям: по биофизике, биоинформатике, биомедицине. В процессе разработки находится новая образовательная программа по биотехнологиям.

*«Я помню, когда мы поступили на Физтех, можно было часто услышать, что “только физика — соль, остальное все — ноль”. Но по мере взросления человек понимает, что во всех отраслях науки возникают сложные, в том числе физические задачи, для решения которых требуются хорошие физики. Мало того, когда студент попадает в научную лабораторию, он может обнаружить, что среди биологов оказывается много людей, которые хорошо знают физику. А еще большее удивление возникает у студентов старших курсов, которые, вдруг столкнувшись где-то на базовой кафедре с биологом, выясняют, что есть области физики, которые этот биолог знает лучше, чем физтех. Например, микроскопию. Поэтому одна из целей нашего мультидисциплинарного образования состоит в том, чтобы не только углубить физическую компоненту образования, но и направить ее в сторону решения задач, связанных с исследованием живой материи. Однако этот путь сложен тем, что современная физика необъятна, а биология — еще шире. Поэтому для нас важно, чтобы студенты сами научились действовать в ситуации, когда им не хватает знаний: научились сами оперативно разбираться в проблеме, добывать нужные знания и применять их для решения практических задач», — рассказывает заведующий лабораторией ионной и молекулярной физики МФТИ Игорь Попов.*



Студенты в лаборатории разработки инновационных лекарственных средств МФТИ

## → БИОЛОГИЯ ДЛЯ ФИЗИКОВ

«Биология должна преподаваться с сильным уклоном в физику. Главное, чего для этого не хватает, — мотивированных ученых-биофизиков, которые сегодня активно работают на мировом уровне. Современную биологию, как, впрочем, и большинство других наук, можно передавать только «из рук в руки». По книжкам ученым не станешь. Студенты должны слушать лекции и учиться научной работе в передовых лабораториях. Физтех старается привлечь новых ученых, которые приносят новые курсы. Очень нужно, чтобы в МФТИ становилось больше научно-исследовательских лабораторий. Тогда студентам будет где учиться», — считает директор Центра теоретических проблем физико-химической фармакологии РАН Фазаил Атауллаханов.

Главная особенность преподавания биологии в МФТИ заключается в том, что это биология для физиков, отличающаяся от классического преподавания, например, на биофаке МГУ. Основной упор делается именно на междисциплинарный подход к решению реальных задач. В связи с этим на ФБМФ студентам дается одновременно техническое и естественнонаучное образование.

«Преподавание совершенствуется постоянно, мы следим за мировыми тенденциями, регулярно получаем обратную связь от студентов и преподавателей и корректируем курсы. Научно-исследовательские работы студентов, как правило, являются частью реальных проектов лабораторий, что позволяет работать в постоянном контакте с действующими учеными. Отмечу, что наш факультет и Школа в целом не претендуют на нишу в биологическом образовании, мы даем классическое образование Физтеха, только в рас-

ширенном формате», — говорит декан факультета биологической и медицинской физики Александр Мелерзанов.

## МЕДИЦИНА XXI ВЕКА: ОГРАНКА ФИЗТЕХОМ

Современная медицина развивается во многом за счет технологического прогресса, позволяющего применять в практическом здравоохранении новейшие технологии. И, учитывая технологизацию медицины, необходимо готовить врачей нового поколения, которые смогут реализовать достижения ученых в практическом здравоохранении и наладить работу уже в новой модели медицинской помощи, основанной на индивидуализированном подходе по молекулярно-генетическим данным.

Подготовка таких специалистов должна проходить в вузах, дающих фундаментальное естественнонаучное образование, при этом клинические специальности и практику необходимо изучать в медицинских университетах. Целью созданной программы двойного образования МФТИ и Первого МГМУ им. И. М. Сеченова является подготовка высококвалифицированных врачей нового типа — врачей-исследователей.

“ Учитывая технологизацию медицины, необходимо готовить врачей нового поколения, способных применять в практическом здравоохранении новейшие технологии ”

Эта программа рассчитана на семь лет: четыре года фундаментального естественнонаучного образования на базе Физтеха и, начиная с третьего года обучения, начало четырехлетнего курса медицинского образования на базе Первого меда. В 2018 году состоится первый выпуск студентов по этой программе.

## МУЛЬТИДИСЦИПЛИНАРНОСТИ НА ФИЗТЕХЕ БЫТЬ?

Особую роль в развитии междисциплинарного образования играет подготовка будущих специалистов еще до их поступления в вуз, поскольку наибольшее значение в выборе области высшего образования играют личный опыт и интересы абитуриента.

Директор Физтех-школы биологической и медицинской физики, заведующий лабораторией разработки инновационных лекарственных средств МФТИ Сергей Леонов рассказывает: *«Для привлечения наиболее мотивированных абитуриентов к обучению по новым направлениям подготовки специалистов в нашей Школе мы совместно с педагогическим коллективом Физтех-лицея имени П. Л. Капицы разработали новую программу подготовки учащихся лицея, в которую включили курсы по направлениям био- и нейротехнологий. Программа основана на комбинированном обучении, совмещающем учебный процесс с обязательной исследовательской работой в лабораториях лицея и МФТИ. Преподавать лицеистам будут не только учителя-предметники, но и ученые, магистранты и аспиранты ФБМФ. В перспективе этот проект должен стать дополнительным источником абитуриентов для нашей Школы».*

Сравнительно с Московским университетом, где число обучающихся приближается к 40 тысячам человек, или Университетом Джорджии, где только на отделении Computer Science есть 28 направлений, на Физтехе учится относительно малое число студентов. Кампус МФТИ довольно небольшого размера, хотя его площадь почти



*В лаборатории биофизики возбудимых систем МФТИ*

удвоилась за последние годы. Поэтому здесь не могут быть представлены все возможные направления подготовки, что и не нужно.

*«Я думаю, что Физтеху должно быть сложно развивать все мультидисциплинарные направления. Тем не менее, полагаю, что все большие области знания станут изучаться мультидисциплинарно. Сложная картина совместного развития технологий и образования будет в каком-то смысле диктовать Физтеху наиболее перспективные направления, и МФТИ будет за эти направления браться. Давая большую свободу студентам и профессорам, можно готовить для этого почву: прислушиваться к тому, что происходит в мире, получая информацию не только от компаний, но и от своих собственных профессоров и студентов. У Физтеха хорошее будущее также и по другой причине. Наличие сильных и популярных образовательных программ, таких как *medical-engineering*, изучение физики или биологии и *Computer Science* привлечет еще больше студентов из-за рубежа: из Европы, из стран Азии. Это позволит Физтеху стать известным международным университетом», —* полагает Марк Бородавский. ■

*Кампус МФТИ*



# КАК ЭТО УСТРОЕНО: NATURE NANOTECHNOLOGY



*Какой ученый, занимающийся нанотехнологиями, не мечтал опубликовать свою статью на заветных страницах Nature Nanotechnology? Этот британский журнал с импакт-фактором, колеблющимся в районе 40, публикует всего 12 из 200 присланных статей в месяц. О внутренней кухне работы редакции, о перспективах развития нанотехнологий и о значении графена нам рассказал не кто иной, как главный редактор Nature Nanotechnology Фабио Пулицци, который впервые посетил Россию и прочитал на Физтехе лекцию в рамках 60-й научной конференции МФТИ.*

□ Фабио присоединился к Nature Nanotechnology в июле 2012 года после шести лет работы в Nature Materials. Имеет степень PhD. Работал постдоком в университетах Ноттингема и Шеффилда (Великобритания). Специализируется на свойствах полупроводниковых наноструктур. Изучал работы Ландау, читал английские версии российских научных журналов, а также признался, что однажды его научную статью отвергли в Nature. Считает, что импакт-фактор — просто число, а у российской науки определенно есть будущее.

**— Есть универсальный рецепт того, как попасть на страницы вашего журнала?**

— Универсального способа нет, единственное: нужно сделать действительно хорошую научную работу. Должно быть ясно, в чем суть результата и почему это важно. Ну и, конечно, существенным фактором является уникальность открытия, его принципиальная важность для науки. Иногда мы сами предлагаем ученому опубликоваться в нашем журнале, — в основном, на конференциях или научных встречах, когда слышим интересные доклады. Но даже в этом случае

никогда не публикуем результат без экспертной оценки.

**— Обычно редакторы Nature Nanotechnology читают полностью всю статью или только тезисы?**

— Мы читаем полностью все статьи. Всегда. Это наша работа. Каждый из редакторов разбирает от восьми до десяти статей в неделю. В среднем на одну статью уходит часа два-три. В некоторых случаях сразу бывает видно, что статья нам, скорее всего, не подходит, но мы все равно пытаемся разобраться в ней до конца.

— *Сколько редакторов работает над одной статьей одновременно?*

— Обычно один редактор, который спрашивает окончательного одобрения у меня. Я ведь начальник! (смеется) В случае смежных дисциплин, конечно, мы пытаемся взглянуть на статью все вместе с разных ракурсов.

— *Как вы отличаете лженауку от реального открытия и разбираетесь в принципиально новой идее?*

— Сложно сказать. Зависит от того, что вы подразумеваете под словом «наука». По моему мнению, наука определяется системой научного метода, воспроизводимостью, прозрачностью результатов. Процесс коллегиального обзора, который мы используем, является частью научного метода. Экспертная оценка тоже помогает оценить степень научности статьи. Это основное. Чтобы разобраться в новой идее, мы изучаем уже опубликованные статьи в этой области, научные материалы, указанные автором ссылки, пытаемся выяснить, реализовывал ли кто-нибудь эту идею раньше. Это часть нашей работы — уметь разобраться в материале, все редакторы Nature Nanotechnology имеют степень PhD или имели опыт исследований, эквивалентный PhD.

— *Вы обращаете внимание на язык статьи? Я имею в виду, на грамотность, верность конструкций неанглоязычных авторов.*

— Стараемся этого не делать. Бывают, конечно, моменты, когда нам трудно понять, что пытается сказать автор. В команде Nature Nanotechnology работает шесть редакторов. И, знаете, ни одного с родным английским языком: четыре итальянца, один русский и один китаец. Как только мы решаем, что хотим опубликовать, пытаемся помочь авторам улучшить язык.

— *Статья на обложке. Как вы делаете выбор?*

— Это тот единственный случай, когда мы в первую очередь обра-

щаем внимание на эстетику. Редко бывает, что по какой-то другой причине хотим особо выделить статью. Обычно важно, насколько хороши картинки, также стараемся не повторяться с темами и чередовать электронику, медицину, энергетику.

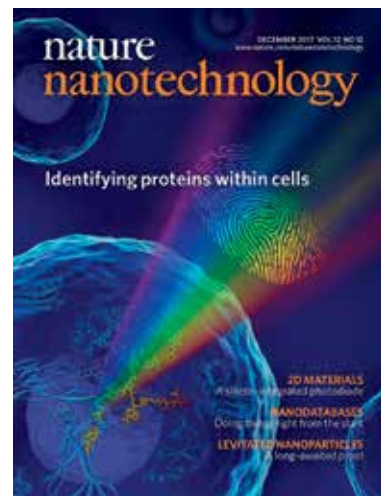
— *Не раз слышала, что публикация в вашем журнале занимает много времени. С чем связаны столь длительные задержки?*

— Причин много. Прежде всего, конечно, задержки случаются из-за редакторов, пытающихся разобраться в работе, найти хороших рецензентов, у которых, в свою очередь, практически нет времени. Для такого журнала, как наш, требования часто и после обзора бывают довольно жесткими, и авторам требуется много времени для переработки статьи. В среднем публикация занимает шесть-семь месяцев, в некоторых случаях даже дольше. Основная причина в том, что качество требует времени.

— *Ваш журнал издается с 2006 года. Насколько глобальными были для него последствия открытия графена Андреем Геймом и Константином Новосёловым и получение ими Нобелевской премии в 2010 году?*

— Безусловно, эта Нобелевская премия носит исторический характер. Графен стал своего рода соединяющим звеном разных наук: он доступен для исследования и специалистам в области физики твердого тела, таким как я, и химикам, и другим ученым. Важно, что появилось в науке то, к чему все имеют доступ и могут потрогать руками: ведь очень просто создать образец. Итак, вы спрашивали, насколько значимо открытие графена? Чрезвычайно! Это материал № 1 в Nature Nanotechnology: процентов 30 наших статей посвящены ему или другим двумерным материалам.

— *Не могли бы вы дать прогноз на будущее: какие тенденции намечаются в нанотехнологиях и чем перспективно заниматься?*

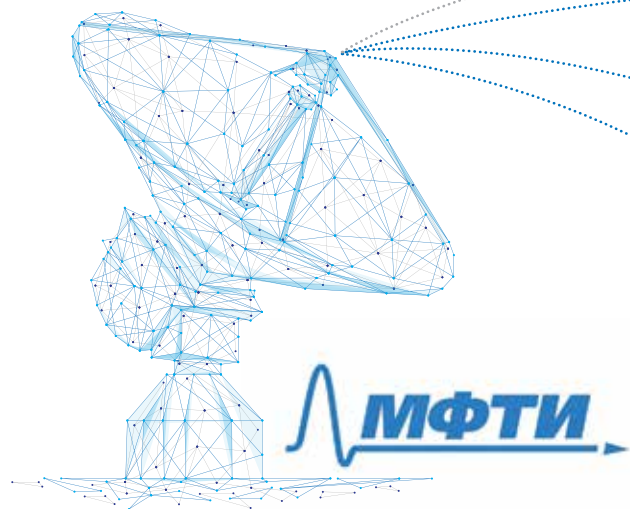


December 2017. © Tali Wiesel, David Shand / Nature Nanotechnology

— Предпочту этого не делать! (смеется) Почему-то люди думают, что редакторы всегда могут решать, что важно, а что — нет. Но на самом деле все, что мы делаем, — это судим, важна конкретная статья или нет. Поэтому, когда люди задают мне подобный вопрос, мой ответ всегда таков: «А можете ли вы мне сказать?» Потому что я не ученый, я не могу диктовать, по какому пути должна развиваться наука. Но думаю, что сейчас есть много перспективных направлений: в электронике, энергетике, химии, медицине. И, конечно, наночастицы и наноматериалы будут иметь значение в будущем.

— *Когда, по вашему мнению, все научные достижения будут в открытом доступе? Как вы относитесь к идее открытой науки?*

— Журналы, подобные моему, не могут существовать с открытым доступом. Чтобы заплатить шести редакторам Nature Nanotechnology, просматривающим каждый месяц 200 статей, а затем опубликовать всего 12, вам придется взимать плату за каждую статью, которую вы публикуете, — около 30–40 тысяч долларов, а это слишком дорого. Конечно, есть способы обойти такие препятствия. Например, открытие доступа после публикации статьи. Это компромисс, в котором мы можем существовать. Я думаю, идея открытой науки не только прекрасна, но и должна существовать в жизни. Правда, для ее реализации необходимо еще некоторое время.



✍ Любовь Антюфьева

# МФТИ НА СВЯЗИ

*МФТИ в качестве академической организации присоединился к Международному союзу электросвязи (МСЭ) — объединению, определяющему будущее отрасли связи. Что это за организация? Какие возможности предоставляет Физтеху этот союз? И как обстоят дела в области связи у МФТИ сегодня? Разбираемся в нашем материале.*

## □ МИР ЛОВИТ ВОЛНУ

Международный союз электросвязи (МСЭ) (International Telecommunication Union, ITU) — организация с полуторавековой историей. Считается, что она основана в 1865 году, когда для решения вопросов совместимости телеграфного оборудования был создан «Международный телеграфный союз», который продолжает регулировать область связи и сегодня.

МСЭ является специальным учреждением Организации Объединенных Наций, включающим более 700 членов из 193 стран. В союз входят правительственные ведомства, передовые университеты и научно-исследовательские институты, операторы связи, разработчики оборудования и программного обеспечения. Область обсуждений широка: технические вопросы и тарификация систем связи, связь в экстремальных ситуациях, обработка видео и звука, телемедицина, кибербезопасность, большие данные, интернет вещей, «умные» города, утилизация электронных отходов и даже изменения климата. Союз разрабатывает международные стандарты, именуемые Рекомендациями. В задачи также входит обеспечение доступности средств связи и сокращение цифрового разрыва между развитыми и развивающимися странами.

МСЭ ведет свою деятельность в трех основных направлениях. Сектор радиосвязи (ITU-R) заведует распределением радиочастотных диапазонов и спутниковых орбит, обеспечивая свободную от помех работу систем радиосвязи по всему миру. Сектор стандартизации (ITU-T) разрабатывает международные стандарты в области те-

лекоммуникаций. Сектор развития (ITU-D) способствует внедрению, развитию и распространению технологий.

## НОВЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ

В современном мире ключевым ресурсом является информация. Членство в МСЭ дает МФТИ возможность «заглянуть в будущее», предоставляя доступ к информации о ведущих мировых разработках, статистике и состоянии рынка в области связи.

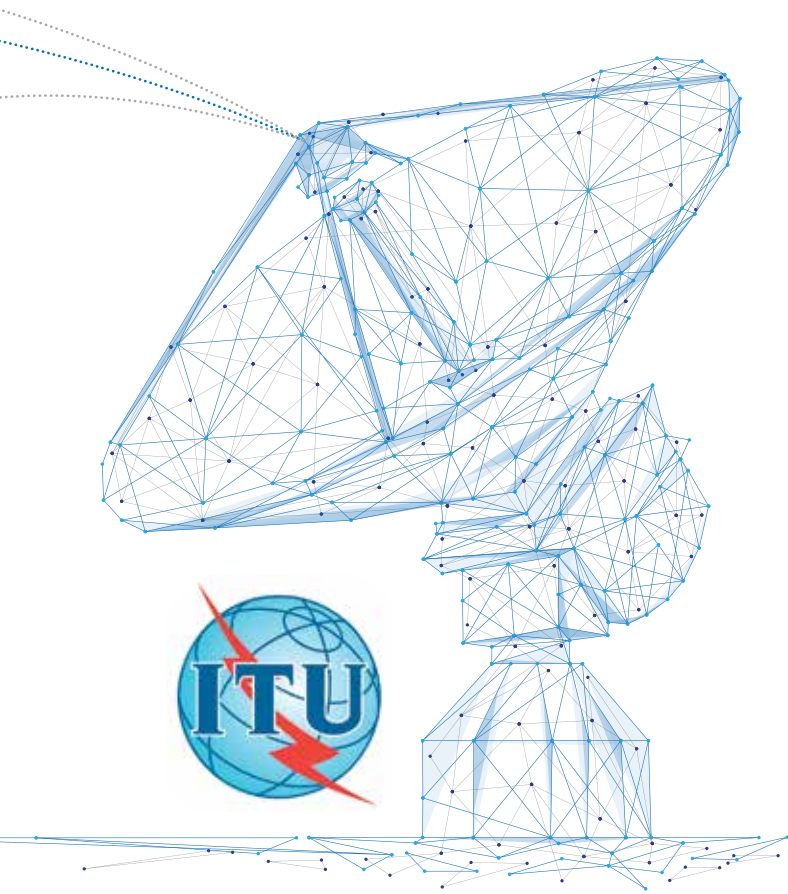
Физтех получает слово в обсуждении новых мировых стандартов, возможность представить свои разработки на международном уровне и даже сделать их частью Рекомендаций МСЭ, — а значит, обрести важное для выхода на мировой рынок признание.

МСЭ занимается организацией конференций, выставок и соревнований, в рамках которых члены союза принимают участие в дискуссиях глобального уровня, создают инновационные партнерства государственного и частного секторов. Лучшие работы получают поддержку профессионалов со всего мира, а их авторы — материальные премии и награды.

Для МФТИ это возможность наладить сотрудничество более чем с 150 академическими организациями, установить контакты с правительствами и компаниями в области связи.

В рамках МСЭ организована Академия, предоставляющая более 100 видов профессиональной подготовки в 32 учебных центрах по всему миру. Также проходят семинары (в том числе и дистанционные) для обучения и обмена опытом.





Членство в этом союзе открывает студентам и сотрудникам МФТИ возможность льготного участия в некоторых профильных конференциях, скидки на публикации в ряде журналов, а также возможность стажировок по всему миру.

### И «ЭММИ» ПРИСУЖДАЕТСЯ...

Количество видеoinформации колоссально. 75% потребительского интернет-трафика приходится на долю видео, основная часть которого кодируется и передается согласно Рекомендациям МСЭ.

Премия «Эмми» называют телевизионным аналогом «Оскара». В этом году «Эмми» за выдающиеся достижения в области техники вручили группе экспертов от МСЭ (ITU), ИСО (ISO) и МЭК (IEC) за разработку стандарта видеокодирования ITU-T H.265/HEVC, позволяющего существенно улучшить качество сжатия и восстановления видеосигнала ультравысокого разрешения. До этого в 2008 году премию получил стандарт ITU-T H.264/AVC.



### КОПИМ СИЛЫ

Физтех активно занимается привлечением ученых и организацией лабораторий в области связи. За последние четыре года их открыто уже четыре.

- Лаборатория беспроводных технологий занимается разработкой российского стандарта интернета вещей. Это энергоэффективная дистанционная связь с бытовыми приборами, датчиками открытия дверей и температуры, бытовыми счетчиками и т. д. Компания LPWAN «Стриж», с которой лаборатория ведет активное сотрудничество, имеет более 100 базовых станций по всей России.
  - Лаборатория мультимедийных систем и технологий появилась на Физтехе недавно, однако ядро коллектива успешно трудится в предметной области уже более 20 лет. Основным прикладным проектом лаборатории является российская система цифрового наземного мультимедийного вещания РАВИС. Сейчас идет развертывание опытной зоны вещания в Казани, включающей передачу цифровых радио- и ТВ-программ. РАВИС представлен в МСЭ с 2006 года и имеет возможность стать частью международных Рекомендаций. Помимо этого, лаборатория занимается вопросами сжатия видео, системами и оборудованием для видеоконференцсвязи и телемедицины, а также метрологией мультимедийных систем.
  - Лаборатория радиофизики и спутниковой связи трудится над вопросами теории и реализации систем радиосвязи и радиолокации. В настоящее время здесь разрабатывают двухдиапазонный терминал спутниковой связи в рамках совместной работы с ПАО «Радиофизика» по созданию и организации высокотехнологичного производства аппаратуры симметричной помехозащищенной спутниковой связи для скоростного интернет-доступа в удаленных труднодоступных местах. Лаборатория оснащена самым современным оборудованием, в состав которого входит спутниковый ХАБ с 7,3-метровой антенной Ку-диапазона и 4,8-метровой антенной Ка-диапазона.
  - Лаборатория цифровых систем специального назначения — самая молодая из представленных, организована в апреле 2017 года. Деятельность лаборатории связана, в первую очередь, с распознаванием объектов на фото и видео, в том числе и в реальном времени. Направления работы: обнаружение, идентификация и слежение за объектом, создание виртуального мира для разработки, отладки и испытания роботов и беспилотников, распознавание опасных кожных заболеваний по фото. Также готовится проект по распознаванию патологий на рентгеновских, КТ- и МРТ-снимках.
- В МФТИ накоплено достаточно наработок в области связи, и вступление в МСЭ является важным и закономерным шагом на пути интеграции Физтеха в международное научное сообщество. ■

По вопросам взаимодействия с МСЭ ([www.itu.int](http://www.itu.int)) обращайтесь к координатору от МФТИ Александру Викторовичу Дворковичу, д.т.н., чл.-корр. РАН, директору Физтех-школы радиотехники и компьютерных технологий ([dvorkovich.av@mipt.ru](mailto:dvorkovich.av@mipt.ru)).

# ИСКУССТВО МОДИФИЦИРОВАТЬ

✍ Алёна Гурьева

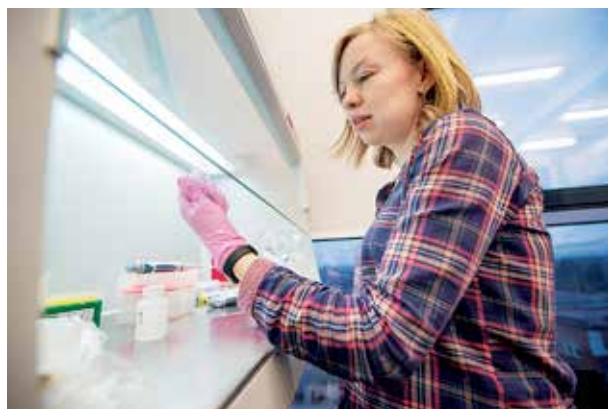
*Направленное изменение свойств организма и редактирование генома многие по-прежнему относят к фантастике. Однако ученые уже давно активно работают в этих направлениях и создают проекты, которые в перспективе значительно улучшат нашу жизнь. Редакция журнала «За науку» решила заглянуть в лабораторию геномной инженерии МФТИ и посмотреть, как проводятся такие исследования.*

□ Лаборатория геномной инженерии была создана в 2015 году и годом позже получила поддержку по Программе 5–100. Ее руководитель Павел Волчков, выпускник биофака МГУ, более 10 лет работал за рубежом: сначала в университете Чикаго, затем в Гарварде. В Гарварде Павел трудился над проектами по адаптации системы CRISPR/Cas9, которая позволяет направленно вносить изменения в ДНК. Теперь этим передовым направлением занимаются и в России, в стенах МФТИ. В активной работе сразу несколько проектов.

Одним из приоритетных проектов занимается группа биоинформатиков под руководством Василия Раменского. Она ведет поиск новых эффекторов системы CRISPR/Cas — молекул, которые связываются с ДНК. Другая часть команды опробует и внедряет полученные эффекторы, чтобы придать растениям и животным нужные свойства. Например, ученые работают над созданием птиц, устойчивых к вирусу птичьего гриппа по гранту РНФ и резистентных к африканской чуме свиней. Эти исследования идут в тесном контакте с современными проблемами биотеха, агро- и фуд-индустрии, поскольку в перспективе позволят компаниям избежать колоссальных убытков, которые возникают при заболевании скота подобными вирусами.

Генетики также занимаются созданием технологии, альтернативной гербицидам — химикатам, которые уничтожают сорняки, но сберегают культурные растения. Они работают над «выключением» сорняков — их геномной модификацией с использованием технологии геномного драйва.

Разработка биотехнологических подходов по созданию гематопоэтических стволовых клеток — еще одно направление работы лаборатории. Такие клетки являются важной составляющей костного мозга, трансплантации которого ежегодно проводится порядка 40 тысяч. Но людей, которым необходима эта операция, в разы больше, так как не всегда получается найти полностью совместимого донора. Если научиться делать гематопоэтические стволовые клетки из собственной ткани — аутологичные, — то автоматически решается вопрос донорства и совместимости, поскольку каждый человек генетически полностью совместим с самим собой. ■



ⓘ Екатерина Антонова, аспирантка ФБМФ, работает над проектом по созданию птиц, устойчивых к вирусу птичьего гриппа. Были продуманы 4 стратегии интеграции устойчивости — четыре различных гена, которые можно встраивать с этой целью в геном птиц. На данном фото Катя оценивает эффективность инструментов, которые помешают проникновению вируса в клетку. Пока проверка идет *in vitro* — вне живого организма. Следующий шаг — модифицированная птица.





☞ Ученые подобрали направляющие РНК-гиды, специфичные для места в геноме, где необходимо сделать разрез. На фото Евгений Кегелес, студент 3 курса ФБМО, готовит контрольную реакцию для проверки эффективности и точности разрезания ДНК эффектором Cas9 для проекта по созданию резистентных к птичьему гриппу птиц.



🕒 Айказ Еремян, младший научный сотрудник лаборатории, держит в руках этажерку клеточного хранилища. В ней находятся коробки с клетками человека, собак, кур и свиней, которые используются в качестве рабочего материала во многих исследованиях. Для сохранения клеток в течение длительного срока их необходимо держать замороженными в жидком азоте.



☞ Научный сотрудник Ольга Глазова рассматривает в микроскоп протопласты — единичные клетки растения, освобожденные от толстой растительной клеточной стенки. Если посадить такую клетку на питательную среду, то из нее может вырасти целое растение, что особенно удобно для выращивания ГМО. Однако в реальной жизни процесс деления этих клеток низкоэффективный. Лаборатория работает над созданием методологии, которая поможет протопластам эффективно делиться и регенерировать.



🕒 Проект Евгении Кочкиной посвящен созданию трансгенных растений арабидопсис. Такое растение является удобным модельным организмом во многих исследованиях, поскольку имеет относительно короткий цикл развития. Ученые проводят скрининг участков гена, отвечающих за разные функции: за улучшение регенерации, улучшение деления, транскрипционный фактор «бэби бум» и другие. На уровне протопласт они планируют научиться встраивать желаемые конструкции и получать трансгенные растения.



☞ Чтобы процесс поглощения клеткой организма свободной молекулы ДНК из среды и встраивания ее в геном проходил лучше, протопласты помещают в определенные условия. Оптимальное перемешивание компонентов клетки обеспечивают термостат с температурой 28 °C и движущаяся подставка.

В большой науке флюоресцентные белки используются как метки. Наблюдение за ними во флюоресцентный микроскоп позволяет понять, встроилась ли конструкция и в какое именно место. В бактерии *E.coli*, трансформированные флюоресцентными белками (на фото), не встроена полезная конструкция — это показательный пример того, что белки — разные.



# ХОЛОДНЫЙ ВЗГЛЯД БИОФИЗИКИ: КРИОЭЛЕКТРОННАЯ МИКРОСКОПИЯ В ПОИСКАХ БЕЛКОВОЙ СТРУКТУРЫ

*В этом году Нобелевскую премию по химии дали «за разработку криоэлектронной микроскопии для определения структуры молекул с высоким разрешением в растворе». Криоэлектронная микроскопия получила активное развитие еще в 80–90-е годы прошлого века. Так в чем же заключается прорыв, как эта методика способна помочь в изучении болезней Альцгеймера и Паркинсона? Разбираемся вместе с руководителем лаборатории старения и возрастных нейродегенеративных заболеваний МФТИ, профессором физической биохимии Технического университета Дармштадта Норбертом Денчером.*



О перспективах этого прибора и соответствующего метода один из теперешних обладателей премии Ричард Хендерсон заявил на научной конференции еще в 1997 году. Многие коллеги тогда отнеслись к этому скептически, однако спустя 20 лет с уверенностью можно сказать, что Хендерсон оказался прав. Что же успело измениться?

## ВСЕ НОВОЕ — ХОРОШО ЗАБЫТОЕ СТАРОЕ

«Классическая» электронная микроскопия действительно существует уже очень давно. Мы с коллегами начали использовать ее более 10 лет назад, чтобы определить структуру белков, участвующих в преобразовании энергии в клетке. Тогда мы смогли добиться разрешения в 30 ангстрем (10 ангстрем соответствуют 1 нанометру — прим. ред.), — это данные очень низкого разрешения, далекие от атомарного масштаба. Чтобы разрабатывать лекарства, нам необходимо знать строение белка на уровне не менее 2,4 ангстрем, а лучше 1 ангстрем».

Повышение эффективности детекторов электронов и появление новых технологий позволили увеличить разрешение. Нобелевскую премию разделили между собой трое ученых: Ричард Хендерсон первым в мире получил структуру белка, Жак Дюбоше изобрел метод получения мономолекулярной пленки, которая необходима для фотографирования молекул, а Йоахим Франк разработал принцип обработки полученных снимков и создания итогового трехмерного объекта. Криоэлектронная микроскопия стала мощнейшим инструментом для исследования биологических структур, в том числе белков. Знание об их устройстве может стать ключом к лечению ряда заболеваний, например, нейродегенеративных — медленно прогрессирующих

□ Криоэлектронный микроскоп — это мощный инструмент для исследования биологических структур, в том числе белков. Он «фотографирует» замороженный белковый раствор пучком электронов, а совмещение фотографий с разных плоскостей позволяет увидеть пространственную структуру белка.

болезней нервной системы. Исследованиями в этом направлении Норберт Денчер занимается в Германии, а теперь еще и на Физтехе.

Лаборатория старения и возрастных нейродегенеративных заболеваний изучает молекулярные механизмы болезней, которые вызывают расстройство памяти и мышления: Альцгеймера и Паркинсона. В 95 процентах случаев мы не знаем точных причин их возникновения, но они определенно связаны с возрастными изменениями: пациентов со слабоумием моложе 60 лет очень мало, а страдающих этим недугом в возрасте 90 лет и старше уже порядка 40–50 процентов. Мы полагаем, что знаем, нарушения работы каких белков участвуют в этой болезни. Чтобы разработать лекарства, нужно знать структуру молекул атомарного разрешения и то, как именно они влияют на клетки в наших телах: являются ли мишенью лекарственных веществ митохондрии, клеточная мембрана или что-то другое, и как происходит их взаимодействие? На эти вопросы, помимо криоэлектронной микроскопии, помогают ответить и другие методы: флуоресцентная микроскопия, рентгеновская кристаллография и ядерно-магнитный резонанс.

## НАЙТИ ОТЛИЧИЕ

Рентгеновская кристаллография — устоявшийся аналитический метод, разрешение которого достигает атомарного и до сих пор превосходит криоэлектронную микроскопию. Около 90 процентов известных на сегодня структур белков изучены именно с помощью рентгеновской кристаллографии. Однако у нее есть свои сложности: перед анализом образцы необходимо кристаллизовать, что чрезвычайно сложно для некоторых белков, например, мембранных.

Комплексы окислительного фосфорилирования митохондрий очень велики и состоят из примерно 50 различных единичных белков. Они имеют большую молекулярную массу, что не позволяет получить кристаллы не только для всего комплекса в целом, но и для некоторых отдельных строительных блоков. В таких случаях криоэлектронная микроскопия и рентгеновская кристаллография дополняют друг друга. Сначала мы можем изучить митохондрию с помощью криоэлектронной микроскопии, а затем разобрать ее на составные части, которые можно кристаллизовать, и проанализировать с помощью рентгеновской дифракции.

Криоэлектронная микроскопия также позволяет делать снимки белков в разных состояниях и конформациях. Это дает информацию о том, как они функционируют. Например, сравнивая конформации, можно изучать светочувствительные белки до поглощения ими фотона и после. Аналогичные исследования можно проводить и с помощью рентгеновской кристаллографии, но только тогда, когда возможно получить кристаллы. Однако

примерно в 95 процентах случаев получить их не удастся, а для некоторых белков не удастся никогда.

Важно еще и то, что с помощью криоэлектронной микроскопии мы можем видеть биологические компоненты в их естественном состоянии, так как при низкой температуре сохраняется структура.

## АЛЬТЕРНАТИВА

Ядерный магнитный резонанс — еще один метод, используемый для определения структуры белков и, главное, их динамики.

ЯМР не требует кристаллов, но подготовка высококонцентрированных образцов, которые необходимы для такого исследования, по-своему очень утомительна. Мы использовали этот метод, чтобы выяснить, как один из потенциальных препаратов против болезни Альцгеймера взаимодействует с белком или мембраной. У нашего исследователя ушло полтора года, чтобы подготовить соответствующий образец, а это всего лишь один из вариантов лекарства. Кроме того, этот метод требует очень интенсивных компьютерных вычислений.

## ЧТО ДАЛЬШЕ?

Нобелевская премия, врученная за криоэлектронную микроскопию, показывает, насколько серьезно этот метод воспринимается мировым научным сообществом. Два криоэлектронных микроскопа в ближайшее время появятся в Исследовательском центре Юлиха в Германии. Если Россия хочет проводить в этой области конкурентоспособные на мировой арене исследования, то ей необходим этот инструмент или, по крайней мере, легкий доступ к нему. Однако сейчас один прибор стоит порядка 8 миллионов долларов. Хотелось бы надеяться, что со временем криоэлектронная микроскопия станет дешевле. Она может открыть новые возможности в исследовании болезней Альцгеймера и Паркинсона. Уже сейчас они оказывают большое влияние на общество, а к 2050 году у нас может быть более 140 миллионов заболевших, если мы не найдем способ вылечить или предотвратить болезнь.

В октябре группа ученых, в том числе профессор Дитер Вильбольд — директор института в Исследовательском центре Юлиха и руководитель группы в лаборатории профессора Денчера в МФТИ, — опубликовала статью, где с помощью криоэлектронной микроскопии и магнитно-ядерного резонанса описана структура фибриллы бета-амилоида-1–42. Фибриллы этого пептида участвуют в образовании бляшек, характерных для болезни Альцгеймера. Ученым удалось получить хорошее разрешение структуры, поэтому не исключено, что исследования этой болезни скоро получат новый виток развития. ■

✍ Анастасия Грачикова

# ВОШЛИ В ИСТОРИЮ

Лаборатория исторической генетики, радиоуглеродного анализа и прикладной физики существует в МФТИ чуть больше двух лет. Это, пожалуй, один из ярких примеров не только междисциплинарного подхода в стенах института, но и того, как физтехи решают нестандартные задачи, к какой бы области те ни относились. О том, как пройти путь от поступления на факультет общей и прикладной физики до исследований древних захоронений в Ярославле, о естественнонаучных методах в истории, а также о планах лаборатории рассказывает ее руководитель Харис Мустафин.



Скан Лицевого хронографа (Российская национальная библиотека, СПб). Перед штурмом Князем Олегом Царьграда (разворот листов 1086–1087)

□ «На Физтехе я поступил в 72-м году. Перед традиционным вступительным собеседованием мы, молодые абитуры, дружной кучкой собрались у дверей и обсуждали, кто чем хочет заниматься. Выяснилась очень интересная вещь. Мы поступали на ФОПФ — именно там на Физтехе квинтэссенция физики. Но, как ни странно, очень многие из нас хотели заниматься биофизикой», — делится воспоминаниями Харис Мустафин. Дело в том, что именно тогда, в начале 70-х это направление науки начало активно развиваться, и молодым людям удалось ухватить интерес к этой теме. — С чем это связано? Я бы сказал, что даже не с учителями, а, скорей всего, с некоторой свободой, которой мы были предоставлены в школе. Мы много читали, многим интересовались. Именно это позволяло чувствовать некие тенденции и пробуждало интерес ко всему новому».

Надо сказать, что в тот момент заняться проблемами биофизики так и не довелось. Харис Мустафин попал в группу радиофизики и,

после успешного окончания очной аспирантуры МФТИ защитив диссертацию в начале 80-х годов, стал специализироваться на разных аспектах, связанных с ускорителями заряженных частиц. В 90-е многие научные организации по конверсии нередко брали темы и работы, связанные с народным хозяйством, в частности, со здравоохранением. Именно тогда ученый-физик впервые обратился к решению задач из области биологии, применив свой опыт при создании установок по стерилизации биологических материалов, а также систем быстрого охлаждения и хранения препаратов крови и костного мозга для госпитальной медицины.

## ИСТОРИЯ ГЛАЗАМИ ФИЗИКА

Параллельно с работой над научными проблемами и организационной деятельностью в области здравоохранения, которая вылилась в десятилетнюю работу в Минздраве и в Госдуме, всегда оставалось хобби — история. «Когда начинаешь вникать в историю, будучи физи-

“ Когда начинаешь вникать в историю, будучи физиком, видишь, что не все склеивается: есть масса противоречий, неоднозначностей. И возникает желание разобраться ”

ком, видишь, что не все склеивается: есть масса противоречий, неоднозначностей. И возникает желание разобраться. Но для этого нужна информация, нужно правильно ее систематизировать, оценивать. И совершенно необходима прочная доказательная база».

Как правило, о средневековой культуре нашей страны мы судим по белокаменным соборам Владимира, по берестяным грамотам Великого Новгорода, по Московскому Кремлю, но при этом довольно мало знаем об очень богатой книжной культуре Древней Руси. Колоссальное количество уникальных материалов находится в древлехранилищах, многие из них в единственном экземпляре. Они являются труднодоступными, малоизученными и, как правило, известны лишь узкому кругу специалистов. Чтобы ввести эти документы в научный, в культурный оборот, их необходимо отсканировать, издать — а это большая и очень непростая задача.

«Встречаясь с друзьями-физтехами, мы часто обсуждали эти вопросы. И возникла мысль разобраться, что у нас есть в стране из книжной древней культуры. Самым выдающимся, по заверениям специалистов в области истории, был так называемый Лицевой летописный свод времен Ивана Грозного», — рассказывает Мустафин. Десяти томный свод событий мировой истории, начиная от библейского сотворения мира, истории Древнего Рима, Византии, Древней Руси до времен Ивана Грозного, был создан в XVI веке в единственном экземпляре специально для царской библиотеки. Десять тысяч листов рукописного текста сопровождаются шестнадцатью тысячами книж-

ных миниатюр, иллюстрирующих то или иное событие, — их создавали те же мастера, которые расписывали соборы Московского Кремля после пожара 1553 года.

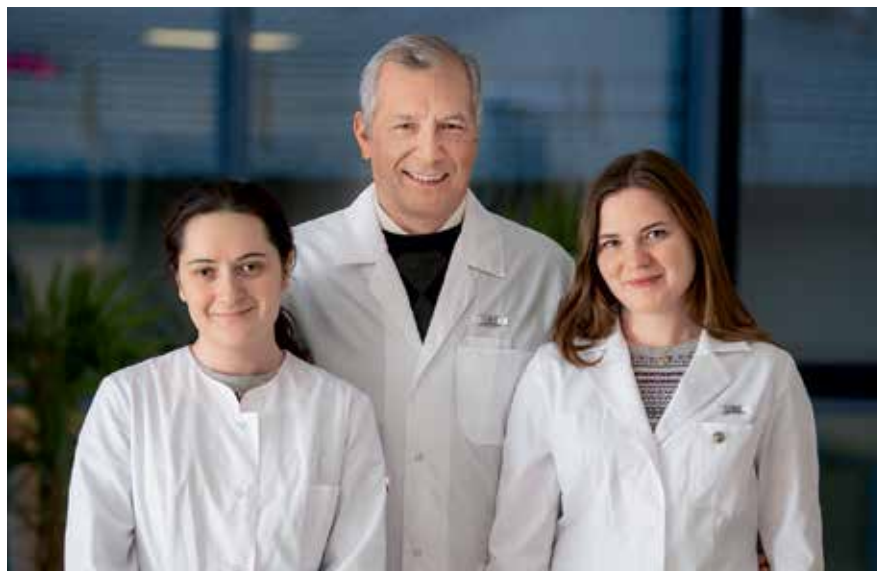
Оказалось, что оцифровка такого памятника русской книжности, имеющего особую историческую и художественную ценность, — весьма нетривиальная техническая задача. На фотографирование огромных, зачастую достаточно ветхих книг могли уйти годы — при колоссальных затратах и с непредсказуемыми результатами. «Нам как технарям было понятно, что надо искать нестандартные решения. Это было начало двухтысячных, мы сделали ставку на использование самого современного оборудования. В то время в мире как раз появились первые бесконтактные книжные сканеры, позволяющие сканировать огромные фолианты в щадящем режиме, обеспечивая высокое качество цветопередачи и разрешение. Первая

в стране цифровая типография, обеспечивающая высочайшее качество печати, также была приобретена под проект. В ходе работы пришлось разобраться с целым спектром вопросов, в которых и профессионалы не очень-то ориентировались».

## ЗАЩИТА ДРЕВНИХ ДНК

В течение 10 лет, благодаря напряженной работе над уникальными рукописями в крупнейших древлехранилищах страны, в свет вышел целый ряд научных факсимильных изданий ценнейших древних русских книг. «С какого-то момента мы начали чувствовать, что ничего близкого по уровню к тому, что мы делали, нет. И будучи, опять же, людьми, которые интересуются историей, мы, поддерживая достаточно тесную связь с Физтехом, обратили внимание на то, что здесь создается Геномный центр. Возникла идея на его базе создать лабораторию, которая бы разрабатывала и внедряла естественнонаучные методы в историю».

Лаборатория исторической генетики, радиоуглеродного анализа и прикладной физики была создана при поддержке наблюдательного совета МФТИ. Историческая генетика подразумевает, прежде всего,



Сотрудники лаборатории исторической генетики Ирина Альборова, Харис Мустафин, Алина Мацвай (слева направо)

исследования археологических человеческих останков на предмет определения их происхождения: откуда население попало в этот регион, где проживают их потомки. Однако работа с археологической ДНК — довольно сложная с научно-технической точки зрения. Лишь небольшое количество центров в мире занимается этой проблемой. Одной из самых сложных является проблема защиты от контаминации, то есть попадания в археологический образец биологического материала современников. Даже в спокойном состоянии человек распространяет вокруг себя сотни тысяч мельчайших частиц,

которые при попадании на исторический образец искажают данные. В лабораториях, которые занимаются генетическими исследованиями археологических артефактов, ученые работают в комбинезонах при особо чистых условиях, однако объекты исследований все равно остаются недостаточно защищены.

*«Мы изучили различный опыт в этой области и решили действовать нестандартным путем, исходя уже из собственного опыта в области технической физики. Вместо больших помещений, создание которых требует немалых средств, мы работаем через систему изолированных перчаточных*

*боксов, в которых располагается необходимое оборудование. Главная проблема здесь была — создать внутри этих боксов особо чистую среду, в которой абсолютно отсутствуют биологические фрагменты из внешней атмосферы».* Решение оказалось достаточно очевидным: из перчаточных боксов откачивается атмосфера и заменяется на особо чистый азот. Получается система, в которой генетический материал оказывается защищенным.

### СЛОЖНЫЙ РЕГИОН

«Нашей целью — подчеркивает Мустафин, — было наладить сотрудничество с коллегами: историками, археологами, — потому что то, над чем мы работаем, — это и есть тот самый естественнонаучный метод для целей исторической науки». Сейчас совместно с Институтом археологии Российской академии наук лаборатория занимается исследованием ДНК, взятых при раскопках в Ярославле. Как предполагается, в начале XIII века в центральной части

**“ Нам как технарям было понятно, что надо искать нестандартные решения. В ходе работы пришлось разобраться с целым спектром вопросов, в которых и профессионалы не очень-то ориентировались ”**



Археологические раскопки на территории кремля древнего Ярославля (2005 год)



этого города произошла массовая насильственная гибель людей. По их останкам ученые получают очень много информации о происхождении жителей города, их родственных связях и так далее. Это вызывает очень живой отклик от историков, ведь благодаря разработанным технологиям лаборатории впервые удастся получить столь глубокие результаты из региона, который является очень сложным для генотипирования.

Если посмотреть на карту, где занимаются генетическими исследованиями археологических останков, то видно, что это прежде всего Европа, степные южные районы, много исследований на территории США. Карта России с точки зрения генетических исследований археологических артефактов — огромное белое пятно. Считается, что наша климатическая зона очень сложная: здесь происходят колебания температуры и влажности, и практически весь объем ДНК, который остается в материале, разлагается. В лаборатории научились считать даже то мизерное количество ДНК, которое удастся найти, и получать результаты, по объему информации сопоставимые с тем, что мы можем получить от современников.

*«Работая с этими сложными объектами, мы приобретаем уверенность, что можем приступить к решению серьезнейшей проблемы — генотипированию археологической ДНК на огромнейшей нашей территории и, может быть, даже на территории сопредельных стран, — делится планами Харис Мустафин. — Более чем реальной нам кажется возможность создать на базе Физтеха некий российский центр исследования археологической ДНК, который по нарабатанной нами технологии будет осуществлять массовое генотипирование археологических останков. В результате историки, археологи получат более полную картину процессов формирования народов нашей стра-*



*Уникальная система стерильных боксов используется для выделения ДНК из человеческих останков и первой стадии пробоподготовки, на которой необходимо максимально снизить вероятность контаминации*

## “ Более чем реальной нам кажется возможность создать на базе Физтеха некий российский центр исследования археологической ДНК ”

*ны, возникновения и развития древних русских городов, это позволит найти ответы на многие загадки отечественной истории».*

### **В БЛИЖАЙШЕМ БУДУЩЕМ**

Лаборатория исторической генетики имеет важную особенность по сравнению с другими лабораториями, которые открыты на Физтехе: финансирование происходит за счет Фонда целевого капитала МФТИ и отличается от государственного. Это накладывает ограничения на тот круг задач, которые решают в лаборатории, и, соответственно, подразумевает глубокую оптимизацию бюджета. Именно поэтому сейчас коллектив в лаборатории небольшой: помимо заведующего лабораторией, здесь работают два специалиста по биоинформатике, генетик и лаборант-генетик.

Однако уже в ближайшем будущем в лаборатории планируется открыть новое направление, которым активно займется биоинформатик, аспирантка МФТИ Алина Мацвай. Связано оно с использованием в качестве исторических маркеров следов инфекционных болезней, прежде всего туберкулеза и лепры. Эти заболевания передавались от человека к человеку на протяжении всего существования человечества. Возбудители заболеваний мутировали не очень сильно, однако некоторые различия в штаммах болезней в зависимости от исторического периода все-таки зафиксированы. Методами молекулярной биологии их можно выявлять, а затем исследовать, как распространялась та или иная болезнь, как перемещались носители болезни, как они взаимодействовали друг с другом, в какие эпохи и на каких территориях. Важным фактором является то, что ДНК археологических бактерий сохраняется гораздо лучше человеческой. *«Есть надежда, что это может стать сравнительно недорогим и эффективным методом в арсенале специалистов, занимающихся историческими исследованиями. Мы провели достаточно глубокий анализ работ, которые проводятся по этому направлению в мире, и видим, что они все еще находятся только в начале пути. Так что в этой области можно занять лидирующие позиции, и мы попытаемся это сделать», — делится планами ученый. ■*



МЕРОПРИЯТИЯ

ДОБАВИТЬ МЕРОПРИЯТИЕ

СОЗДАТЬ ВЕБ-СТРАНИЦУ БЕСПЛАТНО

ПРОФИЛИ

RU



Название или часть описания  01/12/2017 — 31/01/2018  Дни и время  Возраст  Присутствие взрослых  Языки



1 декабря 2017, пятница



Art Therapy



Энергетическая, интуитивная



Waffle Workshop

Мастер-класс

пятница 1 декабря 2017 15:15 - 16:45

# EVENTIFY YOUR LIFE!

В ноябре 2016 года выпускница Физтеха Евгения Слинко начала работу над своим проектом — стартапом Eventify Life (evt.life). За год идея, первый прототип которой был собран «на коленке» с коллегой, превратилась в основную работу, обросла командой, стратегией развития, привлекла 120 тысяч евро инвестиций и стала полноценным стартапом. История проекта — в нашем материале.

## ВОЗЬМИ СВОЮ БОЛЬ

Eventify Life — это детализированный поиск мероприятий, удобный для гостей и организаторов. Что-то вроде Booking для поиска концертов, спектаклей, мастер-классов по рисованию, занятий по йоге, клубов по интересам и индивидуальных преподавателей. Отличительная черта Eventify Life — огромное количество параметров: от расположения и времени проведения, до языка, на котором занятие проводится, присутствия родителей, распределения по дням недели и времени суток.

«Началось все с очень простого. Я определила проблему моментально. Это была отправная точка проекта: невозможно ничего найти в интернете без боли, назовем это так», — рассказывает Евгения. Она годами тратила безумное количество времени на поиск нужных событий в социальных сетях и на сайтах. За время поиска, как и многие пользователи, Женя теряла мотивацию к походу куда-либо, в итоге время было потрачено зря. Чтобы не пропустить интересное, приходилось «торчать» в поиске и социаль-

ных сетях кучу времени. «Я не хочу этим заниматься, это отвратительно», — объясняет выпускница Физтеха и с увлечением рассказывает о востребованности Eventify.

Как только идея из разрозненных мыслей превратилась во что-то более-менее аккуратное и понятное, Женя с коллегой собрали первый прототип. Он был топорный и грубый, но его хватало, чтобы продемонстрировать преимущества детализированного поиска мероприятий. Это было необходимо, чтобы начать обсуждать проект с потенциальными пользователями-посетителями и пользователями-организаторами.

Реакция будущих потребителей удивила: все говорили об удобстве предложенной системы, подтверждали ее востребованность. Стало понятно, что идея небольшого проекта, который должен был устранить личное неудобство, может стать ядром чего-то большого.

## ДВА ПРЕИМУЩЕСТВА

Главное преимущество Eventify — скорость, с которой будущий посетитель мероприятия находит

нужное событие. В основе — высокая детализация поискового запроса. При регистрации организатора и создании мероприятия приходится отвечать на большее число вопросов, чем, например, при создании встречи на facebook.

Анкета содержит способы оплаты, языки, на которых проходит мероприятие или занятие. Вся информация четко структурирована и хорошо визуализирована. Это делает поиск точным, помогает быстро разобраться в предложенных вариантах и решить, подходит мероприятие или нет.

«Я ищу в субботу вечером занятия по рисованию или концерт, или в пятницу утром какое-нибудь занятие по йоге. Если оно существует, я его моментально найду. И учителю или выступающей группе не нужно тратить деньги, силы чтобы раскрутиться, повесить рекламу. Их будут находить те, кому они нужны. В этом главная ценность», — объясняет Евгения.

Вторая сильная сторона проекта — предполагаемая бизнес-модель. По мнению Евгении, способы монетизации проектов-конкурентов

не позволяют им достичь успеха. Попытка заработать на размещении рекламы вынуждает делать поиск неудобным, чтобы пользователь блуждал по сайту как можно дольше. Монетизация путем удержания процента от стоимости билета приводит к росту последней.

Анализ моделей конкурентов подтолкнул команду Eventify к монетизации через дешевую подписку для организаторов. Размещение информации о мероприятии будет бесплатным, а продажа билетов будет оплачиваться по подписке за период вне зависимости от количества проданных билетов в пределах лимита. Это позволит организаторам свести на нет расходы на рекламу и повысит производительность по административным задачам.

Важно, что в интересах потенциальных гостей мероприятий система не предполагает платного размещения на первых местах в выдаче поискового запроса. В итоге пользователи в считанные минуты найдут именно то, что ищут.

Проект предполагает массовое использование. Большое количество предложений и высокий спрос — здоровая ситуация, которая необходима для продуктивной работы платформы. С учетом популярности сайтов вроде kudago или afisha (которые не отличаются удобством поиска, не охватывают маленькие мероприятия и ре-



Часть команды проекта на веб-саммите в Лиссабоне, ноябрь 2017. Слева направо: Joren De Wachter, Евгения Слинью, Евгений Лобанов, Анастасия Парфёнова

гулярные занятия), можно ожидать высокого спроса на приложение. На это и рассчитывает команда стартапа.

### ПРОМЕЖУТОЧНЫЕ ИТОГИ

За прошедший год Eventify Life привлекла 120 тысяч евро инвестиций. Основная часть этой суммы была потрачена на оплату работы сотрудников и фрилансеров, меньшая — на оплату хостинга, услуг сторонних сервисов, эксперименты с рекламой в соцсетях и сервисами вроде google ads.

За это время разработчики собрали прототип рыночного уровня и привлекли на платформу несколько десятков реальных организаторов мероприятий в качестве первых пользователей.

Проект был представлен на ряде мероприятий. Последнее из них —

Websummit.com, организаторы которого предоставили стартапу скидку 90% для представления на стенде (что само по себе признак заинтересованности сообщества и экспертов в молодой компании).

Совсем недавно ребята запустили первые платные сервисы — календарь и встраиваемый фильтр. Это поиск внутри контекста конкретного организатора мероприятий или агрегатора организаторов (например, дома культуры, спорткомплексы, арт-площадки) с применением технологии, разработанной Eventify Life, которая встраивается в сторонний сайт. Контент попадает в централизованный поиск проекта, привлекая этим дополнительных посетителей. В зависимости от условий использования, услуга стоит по-разному. ■



### ЕСЛИ ХОТИТЕ ЗАПУСТИТЬ СВОЙ ПРОЕКТ

**Евгения Слинью**, выпускница МФТИ, основатель Eventify Life:

- Не базируйте свой продукт просто на «красоте технического решения». Самое главное — найти реальную проблему в жизни людей и именно под нее создать эффективное техническое решение.
- Пока вы просто фокусируетесь на идее, вы фокусируетесь на низком качестве продукта. Фокусируйтесь на пользователе, его удобстве и легкости использования.
- Нарботайте опыт с другими людьми, другими компаниями. Созрейте как личность, относитесь к команде как к друзьям и партнерам.
- Откройте душу команде и тем, для кого вы создаете продукт. Относитесь к пользователям с уважением и заботой, делайте проект для людей и с людьми, и тогда все сойдется.
- Решения многих проблем уже витают в воздухе. Важно удачно их поймать и собрать из них востребованный, качественный, полезный продукт.



Раствор с двухвалентными катионами, необходимыми для правильного функционирования изучаемых белков



Чашка Петри с колониями генетически модифицированной кишечной палочки, запрограммированной на производство целевого белка



Шейкер-инкубатор для выращивания бактерий



Робот для автоматизированного подбора условий для кристаллизации белков



Многоканальная пипетка — помогает готовить образцы в восемь раз быстрее



Хроматографическая колонка — используется для разделения белков по размеру и для очистки от примесей

# ИВАН ГУЦИН, 29 ЛЕТ

заведующий лабораторией структурного анализа  
и инжиниринга мембранных систем МФТИ

## ВАЖНЕЙШИЕ ДОСТИЖЕНИЯ

Завоевал золотую медаль на международной олимпиаде по физике, опубликовал статью в Science, помог нескольким ребятам сделать интересные бакалаврские и магистерские работы.

## ЛЮБИМЫЕ КНИГИ

Сенека, «Нравственные письма к Луцилию».

## ЛЮБИМЫЕ ФИЛЬМЫ

«Крестный отец», «Париж, я люблю тебя»,  
сериал «Карточный домик».

## ПОЧЕМУ МФТИ

Очень много замечательных людей, друзей.

## ОБРАЗЕЦ ДЛЯ ПОДРАЖАНИЯ

Родители, руководители, старшие коллеги и младшие товарищи.

## ЦЕЛЬ В ЖИЗНИ

Сделать мир вокруг лучше.

## МОЕ БУДУЩЕЕ ОТКРЫТИЕ

Инструменты для создания новых макромолекул, систем и организмов.

## Я ЧЕРЕЗ 20 ЛЕТ

Занимаюсь исследованиями в новой физико-химико-биологической области, которая сейчас еще не существует.

## МИР ЧЕРЕЗ 20 ЛЕТ

На полпути к «о дивному новому миру».



## «ЧЕЛОВЕЧЕСКОЙ ТРУДОСПОСОБНОСТИ НЕТ ПРЕДЕЛА»

*Этот выпускник МФТИ всю жизнь работает с информацией, но считает нужным урезать объемы ее потребления; называет себя инженером, но не поддерживает идею о переключении Физтеха на инженерный формат; знает, в каких случаях полезна диктатура, но предоставляет своим детям право самим определиться в жизни. Об избавлении от информационного шума, службе в армии, изучении языков и возрастном кризисе Иосифа Сталина мы поговорили с сооснователем и старшим вице-президентом по проектированию и разработке ПО компании Acronis Станиславом Протасовым.*

□ **КАК СПРАВИТЬСЯ С БОЛЬШИМ ОБЪЕМОМ ИНФОРМАЦИИ?** Фильтровать контент. Я читал интересную статью журналиста New York Times. Если провести эксперимент и перестать читать и смотреть те новостные ленты, которые средний человек смотрит, и аккуратно записывать, как изменились принимаемые человеком решения, то удивительным образом окажется, что никак. То есть вот эта вся волна информации, которую мы потребляем в фоновом режиме, — Facebook, телевизор, какие-то другие соцсети, — по большей части на наши текущие решения не влияют никак: они нам ни помогают, ни мешают — ничего. Это просто мусор.

**80% ВРЕМЕНИ ДОЛЖНО ПРОХОДИТЬ В РЕЖИМЕ.** Неважно, какой он, то есть не очень важно, человек встает в 6 утра или в 10. Важно, насколько регулярно он это делает.

**ОТДЫХ ДЛЯ МЕНЯ — ЭТО В ПЕРВУЮ ОЧЕРЕДЬ СОН.** Думаю, что для большинства физтехов основную часть жизни это тоже будет сон. Я лично страдаю от недосыпа всю свою жизнь. Это проблема, которая преследует все время, потому что хочется сделать многое.

**ИЗНАЧАЛЬНО ХАКЕР — ЭТО КРУТОЙ СПЕЦИАЛИСТ В ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЯХ.** Я ровно так и воспринимаю это слово.

**ЧЕЛОВЕК, КОТОРЫЙ ВСЕ ВРЕМЯ СЧАСТЛИВ, — ЭТО ИДИОТ.** Чтобы быть счастливым, нужно быть периодически несчастным. Нас все время бросает из стороны в сторону. Когда человек входит в перманентное счастье, это значит, что мозговая деятельность прекратилась.

**У КАЖДОГО РЕБЕНКА ЕСТЬ СВОЯ УНИКАЛЬНОСТЬ**, поэтому делать выбор за него, как минимум несправедливо. Я, конечно же, постараюсь, чтобы мои дети получили хорошую естественнонаучную базовую подготовку в школе и, если захотят, в вузе, но чем они будут заниматься, они должны будут выбрать сами. Кто-то сказал: самая большая трагедия детей — это жить непрожитую жизнь своих родителей.

**ВСЕ РАССУЖДЕНИЯ НА ТЕМУ, ЧТО АРМИЯ ПОМОГАЕТ СТАТЬ МУЖИКОМ ИЛИ ЗАКАЛЯЕТ ХАРАКТЕР, — КАКОЕ-ТО НЕДОРАЗУМЕНИЕ.** Хочется закалить характер — ну, пробеги триатлон Ironman. Это не так легко. Никакой особой нужды ходить в армию для этого нет, только если вы не хотите стать генералом.

**РОЖДЕНИЕ И СМЕРТЬ ЛЮДЕЙ СИЛЬНО ВЛИЯЮТ НА МИРОВОСПРИЯТИЕ.** В свое время была такая социальная реклама по телевизору: «Позвоните родителям». А люди, особенно молодые, плохо ее понимают. Потому что молодость эгоистична. Когда человек уходит, ты понимаешь — все, больше шансов нет. И все, что ты не сделал, — не приехал вечером, не позвонил по телефону — этого уже никак не наверстать.

**ДИКТАТУРА — ЭТО ХОРОШИЙ СПОСОБ УПРАВЛЕНИЯ, ЕСЛИ ГОВОРИТЬ О ДОСТИЖЕНИИ РЕЗУЛЬТАТА ЗА КОРОТКОЕ ВРЕМЯ В НЕБОЛЬШОЙ ГРУППЕ ЛЮДЕЙ.** Если пять человек на лодке тонут, никакой демократии быть не может. Должна быть абсолютно жесткая дисциплина. Должен быть командир, который четко раздает приказы, если нам повезло и этот командир не идиот, мы выживем. Если будет демократия, мы точно утонем.

**У ФИЗТЕХОВ ЕСТЬ ЧЕТКОЕ ПОНИМАНИЕ: ЧЕЛОВЕЧЕСКОЙ ТРУДОСПОСОБНОСТИ НЕТ ПРЕДЕЛА, И ЭТО РАЗВИВАЕМЫЙ РЕСУРС.** Среди преподавателей и студентов МФТИ считается, что человек, который может много работать, — это человек, которого стоит уважать. Если бы на Физтехе верили, что «крутой» — это тот, кто способен у бабушки в трамвае вытащить кошелек, все бы физтехи воровали. Поскольку здесь считают, что крутой — это тот, кто может «заботать» кванты, — здесь «ботаю» кванты.

**МНЕ, КАК И БОЛЬШИНСТВУ ФИЗТЕХОВ, НЕИНТЕРЕСНО ДЕЛАТЬ ОДНО И ТО ЖЕ.** Наоборот, нравится браться за задачи, которые изначально кажутся нерешаемыми. И, с этой точки зрения, разделение — инженер, предприниматель, бухгалтер — не имеет большого смысла, потому что в работе, особенно в стартапе, вообще нет разделений. Сегодня я инженер и делаю продукт. Завтра я HR, еду нанимать какого-то талантливого инженера и танцую перед ним особый танец, чтобы он поверил, что с нами надо работать. Послезавтра я разбираюсь с претензиями, например, налоговой, — «сам себе» юрист и бухгалтер. Приходится заниматься всем.

**«ПРОФЕССИОНАЛ — ЭТО ВСЕГО ЛИШЬ ЧЕЛОВЕК, КОТОРЫЙ СДЕЛАЛ ОДНО И ТО ЖЕ ТРИ РАЗА»,** — говорил мой папа. И я считаю, что подход «есть работа — и я ее работаю» существенно лучше, чем говорить «нет, это не мое, я способен только вести бухгалтерию по стандарту GAAP», потому что это сильно лимитирует способность человека к развитию.

**МЕНЯТЬ МФТИ ИМЕННО В СТОРОНУ ИНЖЕНЕРНОГО ОБРАЗОВАНИЯ СОВЕРШЕННО НЕ НАДО.** Инженерное образование — не хочу обидеть инженеров, потому что сам во многом инженер — это все-таки выпуск огромного количества людей предсказуемого качества. Физтех же выпускает, пусть и гораздо в меньшем количестве, людей, которые способны заниматься фактически чем угодно, и в этом его главное качество. Физтех, выпускающий 10 тысяч человек в год — нонсенс, он просто умрет мгновенно. Выпуск около тысячи — это правильное число для того, чтобы обеспечивать высокое качество всех людей. Если часть этих людей захотят стать инженерами, они станут. Если часть этих людей захотят стать министрами иностранных дел Украины, они станут.

**ВАЖНО ИЗУЧАТЬ ЯЗЫКИ.** Есть медицинский доказанный факт, что после 40 лет у человека начинает снижаться способность запоминать вещи. И я часто ловлю себя на этом: у меня выпадают слова или фамилии из головы. 20 лет назад у меня память работала, как часы. А изучение языков — это тренировка, которая позволяет мозгу сопротивляться болезням Альцгеймера и Паркинсона.

**НАЧИНАТЬ НИКОГДА НЕ ПОЗДНО, ВООБЩЕ НИКОГДА.** Я читал интересную книгу про Сталина: человек лежал на нарах и размышлял о том, что ему 40 лет, у него нет ни семьи, ни денег, ничего, и он, в общем-то, криминальный уголовник, который просто-напросто каким-то полусумасшедшим большевикам ворует деньги из банков. И потом этот человек через небольшое время оказался во главе крупнейшей страны мира. Мы можем долго говорить о том, что он — злой гений, добрый гений, негодяй, не негодяй. Но по большому счету то, что он оставил огромный след в истории, — этого отрицать нельзя. А до этого ему точно так же казалось, что «все, уже поздно, я просто-напросто мелкий воришка: зашел, дал охраннику в морду, схватил тысячу рублей и убежал». Поэтому никогда не поздно.

Редакция журнала «За науку» выражает благодарность «Физтех-союзу» за помощь в организации интервью. Полную версию интервью со Станиславом Протасовым читайте на сайте [mipt.ru/newsblog/](http://mipt.ru/newsblog/).

# ВКЛАД В БУДУЩЕЕ

*Поддержка альма-матер со стороны выпускников является обширной практикой в ведущих вузах всего мира. Они организуют некоммерческие партнерства, которые выступают полноценным и устойчивым механизмом развития университета. Причем выразиться поддержка может не только в материальной составляющей. На Физтехе это зачастую представляет собой долгосрочное сотрудничество с инвесторами и ведение совместных проектов, которые работают на пользу всех участников. Особенно это касается образования и вклада в развитие талантливых ученых, способных изменить мир к лучшему.*

## ФИЗТЕХ-СОЮЗ

**Основан** в 2013 году.

**Учредители:** МФТИ, Александр Абрамов, Юрий Алашеев, Сергей Белоусов, Григорий Бубнов, Сергей Гуз, Андрей Иващенко, Вадим Якунин.

**Исполнительный директор:**

Алексей Штерн.

**Деятельность:**

Деятельность Физтех-Союза направлена на всестороннее развитие МФТИ. Задача — стать площадкой, которая привлекает к сотрудничеству неравнодушных лидеров, готовых реализовать идею полезного для МФТИ проекта, и оказывает им поддержку. Выступить с инициативой и получить поддержку может любой физтех. Физтех-Союз состоит из членов правления, вовлеченных в реализацию стратегических проектов, и большого числа активистов, реализующих менее крупные инициативы. Например, Андрей Кулешов ведет курс лекций по CFA (Chartered Financial Analyst) и проводит ежемесячные встречи винного клуба выпускников.

**Проекты:**

- Развитие биофарм-направления. Создание Биофармкластера «Северный», Центра живых систем и биофарминжиниринга.
- Физтехпарк. Технопарк, где размещаются офисы компаний выпускников и партнеров МФТИ. Также здесь предусмотрен коворкинг, где регулярно проходят мероприятия для стартапов.
- Развитие Физтех-лицея им. П. Л. Капицы. Обеспечение школы оборудованием, привлечение новых сильных преподавателей, строительство общежития на 300 мест для иногородних школьников. В результате из муниципальной школы лицей превратился в лучшее образовательное учреждение для школьников в Московской области: по итогам 2015–2016 учебного года он попал в рейтинг «ТОП-500 лучших школ России», а по итогам 2016–2017 года занял первое место в рейтинге ста лучших школ Подмосковья.
- «Наука в регионы». Смысл проекта в трансляции опыта Физтеха в подготовке учеников к предметным олимпиадам, решению неординарных математических и физических задач. Учителя и ученики приезжают на двухнедельную стажировку в МФТИ для получения методических рекомендаций и учебных материалов, а затем открывают кружки в своих городах.
- Физтех XXI. Инновационный территориальный кластер. Цель проекта — развитие вокруг МФТИ инфраструктуры современного технополиса, в котором комфортно жить и работать талантливым ученым и предпринимателям.

**Контакты:**

Адрес: МФТИ, г. Долгопрудный, ул. Первомайская, д. 3, ауд. 205 КПМ.

E-mail: [as@phystechunion.org](mailto:as@phystechunion.org)

Тел: +7 (916) 906–62–98

**Дмитрий Гордица,**

Председатель совета директоров Концерна ПРАМО. Выпускник ФМХФ 1990 года:

Думаю, что желание помогать — это естественное человеческое желание. Занимаясь бизнесом с 1991 года, я понимаю важность инвестиций в развитие. Поэтому благотворительность является для меня возможностью внести свой вклад во что-то важное для будущего, в первую очередь, в развитие образования. Хочется дать молодым людям, обладающим талантом и способностями, возможности их реализовать, творить и приносить пользу другим. А МФТИ — ведущий вуз, который отбирает и растит самых одаренных.





## БЛАГОТВОРИТЕЛЬНЫЙ ФОНД ПОДДЕРЖКИ МФТИ

**Основан** в 2016 году.

**Учредители:** Сергей Гуз, Николай Кудрявцев, Владимир Никишкин.

**Исполнительный директор:**

Дмитрий Зайцев.

**Деятельность:**

Фонд собирает добровольные взносы, которые затем используются для поддержки деятельности МФТИ. Это может быть развитие науки и просвещения, научно-технического творчества детей и молодежи, или оказание благотворительной материальной помощи тем, кто находится в трудной жизненной ситуации. Фонд позволяет укреплять научные и культурные связи, повышать квалификацию научно-педагогических работников. Также деятельность направлена на поддержание положительного имиджа российской науки и образования в отечественных и зарубежных общественных кругах.

**Проекты:**

- Поддержка олимпиадного программирования в рамках становления всемирного тренировочного центра. В 2016 году при содействии фонда состоялось более 10 учебно-тренировочных мероприятий и олимпиад по программированию, а число участников составило 59 человек.
- «Благотворительная программа с Банком Авангард». Долгосрочная программа, в рамках которой банк ежемесячно перечисляет в фонд пожертвование, учитывая суммы операций оплаты товаров и услуг, совершенных с использованием совместных благотворительных карт.
- Поддержка в организации и проведении Методического семинара по дистанционному образованию школьников, приуроченного к 50-летию Заочной физико-технической школы МФТИ.
- «Мисс МИРТ 2017». Конкурс красоты, который проводится в целях поддержки талантливых студентов МФТИ и популяризации студенческого творчества, а также способствует развитию общественных и культурных связей между физтехами.
- «МИРТ Run 2017». Благотворительный забег, принять участие в котором может любой желающий. Проводится с целью сбора средств для реализации проектов по поддержке Физтеха.

**Контакты:**

Адрес: г. Долгопрудный, ул. Первомайская, д. 5, 237 НК МФТИ.

Телефон: +7 (498) 744-65-08, +7 (903) 728-37-41

E-mail: alumni@mipt.ru, alumni@phystech.edu

## ФОНД ЦЕЛЕВОГО КАПИТАЛА МФТИ

**Основан** в 2014 году.

**Капитал сформирован на средства:**

Александра Абрамова, Юрия Алашеева, Андрея Баронова, Андрея Гаека, Сергея Гуза, Андрея Иващенко, Ратмира Тимашева, Вадима Якунина.

**Исполнительный директор:**

Дмитрий Быкадоров.

**Деятельность:**

Фонд собирает вклады в целевые капиталы, которые направляются в доверительное управление профессиональным управляющим. Расходовать может лишь инвестиционный доход, полученный от управления средствами целевых капиталов фонда, а само тело капиталов остается неприкосновенным. Этот механизм отличает Фонд целевого капитала от благотворительного. Доходы фонда могут быть направлены только на финансирование программ развития МФТИ и реинвестирование в фонд, в соответствии с назначением целевого капитала и решением попечительского совета.

**Юрий Алашеев**

Председатель Совета директоров группы компаний «Агама», член Правления Физтех-союза, выпускник ФАЛТ 1995 года:

Опыт работы над созданием Физтех-Союза лично для меня очень воодушевляющий и вдохновляющий. Считается, что в нашем обществе царит атмосфера недоверия. Но в Физтех-Союзе нам удастся объединить прежде незнакомых между собой успешных выпускников для совместной работы над глобальными проектами развития МФТИ.



**Целевые капиталы:**

- Целевой капитал № 1 для развития МФТИ. В 2015 и 2016 гг. доходы от инвестирования средств шли на поддержку и развитие ЗФТШ — оплату работы преподавателей, внедрение онлайн-платформы. Был запланирован ввод новых дисциплин и перевод методичек на английский язык.
- Целевой капитал № 2 для поддержки и развития лаборатории исторической генетики, радиоуглеродного анализа и прикладной физики МФТИ. Лаборатория занимается исследованиями археологических человеческих останков на предмет определения их происхождения (подробнее о лаборатории читайте на стр. 52 — прим. ред.).
- Целевой капитал № 4 для выплаты стипендий и материальной помощи обучающимся.

**Контакты:**

Адрес: г. Долгопрудный, ул. Первомайская, д. 5, 235 НК МФТИ.

E-mail: fund@phystech.edu

Телефон: +7 (495) 642-38-89

# ТОТ ИЛИ НЕ ТОТ: СИЛЬНЫЕ И СЛАБЫЕ СТОРОНЫ ОБРАЗОВАНИЯ НА ФИЗТЕХЕ

*В последние годы при обсуждении парадигмы высшего образования часто звучат тезисы о несоответствии мировым трендам. Речь идет о том, что знания, которые студенты получают в институтах любого полета за время обучения, устаревают. Редакция журнала «За науку» решила опросить выпускников последних лет, их работодателей и преподавателей об уровне профессиональной подготовки выпускников МФТИ. Мы попытались выделить сильные и слабые стороны существующей сейчас системы подготовки и выяснить, какие изменения могли бы пойти на пользу.*

## □ УНИВЕРСАЛЬНЫЙ БАЗИС

Подготовка по фундаментальным дисциплинам — физике и математике, которую студенты проходят на первых курсах, — один из плюсов Системы Физтеха. Знания теоретических основ и навыки решения задач любого уровня становятся преимуществом любого выпускника перед представителями других университетов.

*«Во время моей учебы на Шпицбергене у меня было преимущество. Был предмет, название которого можно перевести как “механика льда”. В нем морской лед рассматривался с инженерной точки зрения, разбиралось его “поведение” под различными типами нагрузки. К удивлению, мне помогли знания из одного факультетского предмета, на котором дружно скучал весь (или почти весь) курс. Добавлю, что лектор механики льда начал изложение курса с основ линейной алгебры, с которой у меня очевидно не было проблем. Я понимала математическую основу лучше других студентов, и это было очень кстати, особенно в условиях адаптации к новому месту жительства», — рассказывает Мария Парфенова, выпускница магистратуры МФТИ 2017 года, сейчас — аспирантка РАН в ИФА им. А. М. Обухова.*

Широкие знания математики и физики высоко ценят как зарубежом, так и в России. По словам Юрия Ковалева, руководителя лаборатории фундаментальных и прикладных исследований релятивистских объектов Вселенной МФТИ,

сильной стороной лучших студентов Физтеха является хорошее базовое образование, с которым студент или выпускник может делать все что угодно. Аналогичного мнения придерживаются и работодатели — представители индустрии, которые предпочитают нанимать физтехов из-за их способности быстро разобраться в новых темах.

““ Сложно заставить разумного студента добротнo проработывать дисциплину, если ему непонятно, зачем эта дисциплина нужна ””

На практике многие студенты упускают хорошо продуманную программу первых курсов. Так происходит, если мотивации для изучения конкретного предмета у студента нет. Глубокий, широкий и интенсивный бэкграунд без объяснения, зачем его осваивать, становится сложным и кажется бесполезным. *«Иногда предметы подобраны адекватно, но из-за того, что пока ты учишься, ты не понимаешь, зачем это нужно, ты не осваиваешь их нормально», — жалуются выпускники.*

Часто факультетские курсы опережают общеинститутские: студент параллельно изучает

физику и ее математическую основу. В итоге только к концу семестра он начинает понимать формулы, которые видел на первых лекциях. Во многом такая путаница — и есть причина отсутствия мотивации.

## ДЕРЖА РУКУ НА ПУЛЬСЕ

Проблемы и накопившиеся нестыковки — не тайна для общеинститутских кафедр. В настоящее время ведется активная работа по изменению программы по высшей математике под потребности Физтех-школ и факультетов — в случае, если последние проявляют инициативу. Заведующий кафедрой высшей математики Григорий Иванов прокомментировал ситуацию: «Мы понимаем, что сложно заставить разумного студента добротнo проработать дисциплину, если ему непонятно, зачем эта дисциплина нужна. Поэтому сейчас программа нашей кафедры перерабатывается под нужды факультетов. В случае если деканат активный, это происходит оперативно. Лидерами в этом процессе являются ФОПФ, ФУПМ и ФБМФ, где происходит активная модернизация существующих курсов и создание новых. Конечно, при значительных изменениях неизбежны некоторые погрешности и “болезни роста”, которые мы стараемся минимизировать. Если деканат просит оставить “как есть”, то больших изменений курсов не происходит, что не так уж плохо, так как стабильный и отлаженный образовательный процесс более комфортен для студентов».

Еще одна сомнительная особенность образовательного процесса, упомянутая выпускниками, — сильная зависимость требований к студенту и подачи материала от преподавателя. «Возможно, стоило бы привести к общему знаменателю требования инструкторов по лабораторным, чтобы избежать ситуаций, когда полгруппы спокойно строит графики в Excel, а полгруппы мучается с миллиметровкой», — рассуждает Роман Фролов, выпускник бакалавриата 2014 года, сейчас — PhD student в Университете Альберты, Канада.

Такие проблемы пытаются решить путем публикации общих требований на сайте института. «Грамотное представление результатов измерений — неотъемлемое требование к отчету. Регламентировать миллиметровку или компьютерную распечатку считаю излишним. Но иногда вместо объяснений по поводу иллюстраций приходится слышать ответ “компьютер так посчитал”, а это недопустимо. Машина может обчитывать данные, но их анализ — дело экспериментатора», — поясняет заведующий кафедрой общей физики Александр Максимычев.

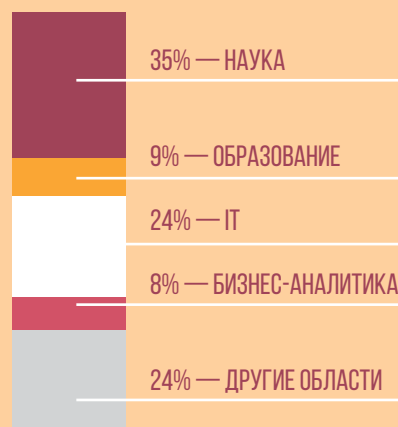
## КОМУ-ТО ПОВЕЗЕТ

На контрасте с общеинститутскими курсами, предметы на базовых кафедрах становятся своеобразной лотереей. Если студенту с базой повезло и в стенах партнерской организации в нем заинтересованы, то обучение на старших курсах будет полезным и продуктивным. Если жизни на базе нет, то учеба будет никакой. Во втором случае студенты либо доучиваются ради диплома, работая во время учебы в индустрии, либо дотягивают в НИИ до выпуска, после чего уходят получать следующую степень в другой университет.

«Я была “типичным ботаном”, который поступал по олимпиадам и не особо задумывался о том, какую профессию получит. В итоге окончила бакалавриат на ФОПФе, на кафедре, у которой была исследовательская база. По традиционной Системе Физтеха предполагалось, что я стану сотрудником базовой организации после выпуска. Возможно, это когда-то на Физтехе так и работало, — рассказывает Ната Блянкинштейн, выпускница бакалавриата МФТИ, сейчас — студентка магистратуры в Университете МакГилл, Канада. — Но кому-то с базой везет больше, кому-то меньше. Моя уже в то время, когда я училась, разваливалась, и в теме исследований я к диплому разочаровалась. Пришлось менять полученную очень узкую специализацию на другую, достаточно далекую. Так я сменила квантовую теорию поля на физику атмосферы».

Выпускники признаются, что были бы рады работать в науке в России, но вакансии, на которые по окончании института их приглашали на базовых кафедрах, оказывались неконкурентоспособными. Обычные предложения в виде

## ГДЕ РАБОТАЮТ ВЫПУСКНИКИ ФИЗТЕХА



Данные Центра карьеры МФТИ, 2017 год

1/12 ставки от 15 000 рублей «с надбавками» на фоне в несколько раз больших стартовых зарплат в индустрии выглядели нелепо.

### СТУДЕНТ ГОЛОДНЫЙ — ХОРОШО, НО В МЕРУ

Чтобы студенты и выпускники не отказывались от исследовательской деятельности по финансовым соображениям, лаборатории внутри Физтеха и подразделения в базовых организациях стараются привлекать молодых ученых к работе по грантам. Научные руководители понимают: студент голодный — это хорошо, но в меру.

*«Я полагаю, что крайне сложно заниматься серьезными научными исследованиями только часть времени, а другую часть подрабатывать на стороне. Не получится за время аспирантуры реализовать научную программу, которая стоит перед аспирантом, не получится руководителям вырастить аспиранта до необходимого уровня. Поэтому считаю, что мы практически обязаны обеспечить аспиранта адекватным суммарным доходом. Вот в этом случае научный руководитель может требовать от молодого ученого серьезных результатов»,* — комментирует ситуацию Юрий Ковалев.

В партнерских НИИ выпускников Физтеха часто принимают на работу на условиях частичной занятости в коммерческих проектах. Часть времени аспирант занимается прикладными задачами, а часть времени — исследованиями. Такая

вовлеченность позволяет выплачивать молодым сотрудникам рыночную зарплату, не лишая их научной деятельности.

*«Мы привлекаем аспирантов к работе в реальных коммерческих проектах, содержание которых тесно связано с тематикой их научной деятельности. Там они набираются опыта и практических навыков, и, конечно, это позволяет выплачивать им адекватную зарплату, — объясняет Егор Ершов, сотрудник лаборатории 11 «Зрительные системы» ИППИ РАН. — Ближе к защите мы предоставляем аспирантам несколько месяцев на написание диссертации, при этом продолжаем выплачивать зарплату. Понимаем, что это необходимо для успешной защиты».*

Если базовый НИИ не имеет возможности из грантов или бюджетов коммерческих заказов выделить средства на зарплату студентов или аспирантов, то последние уходят из исследовательской организации. Наличие бюджета — вопрос чистого везения в случае с фундаментальными исследованиями.

Стабильнее ситуация на индустриальных базах, созданных в партнерстве с крупными коммерческими компаниями. Студенты и выпускники таких кафедр, конечно, реже идут в аспирантуру, однако именно они практически не испытывают проблем с трудоустройством. Каждый из них — штучный «товар», подготовленный МФТИ точно в соответствии с требованиями и нуждами компании-партнера. На такие направления сложно попасть, их сложно окончить. Но усердная учеба здесь гарантированно оплачивается не ниже рынка.

### КОММУНИЦИРУЙ!

То, какие навыки и знания получит студент к моменту выпуска из института, сильно зависит от его личных качеств и увлеченности. *«Я считаю, что программа высшего учебного заведения не может и даже, наверное, не должна вдалбливать знания в голову людям, которые не стремятся их получить. Да, некоторые одногруппники получили меньше знаний, чем я, потому что менее усердно работали. Некоторые больше — потому что работали больше. Это нормально. Однако есть пути облегчить получение знаний для студентов»,* — говорит Роман Фролов.

Он и многие другие выпускники отмечают, что объем практических навыков, который они набрали за годы в МФТИ, — есть результат личной работы, достигнутый только благодаря коммуникативным навыкам. С развитием последних у физтехов не все гладко.

*«Ты понимаешь, что тебе надо где-то добывать. Если тебе не подошел стандартный путь*

**“ Мы практически обязаны обеспечить аспиранта адекватным суммарным доходом. Вот в этом случае научный руководитель может требовать от молодого ученого серьезных результатов ”**



Системы Физтеха или просто не повезло, то самое важное — твои навыки общения, которым в МФТИ не учат. Более сообразительные ребята вступают в студенческие клубы и таким образом учатся общаться, менее сообразительные — нет, — объясняет Ната Блянкинштейн. — Когда возникает потребность в чем-то разобраться самостоятельно, найти место стажировки или дополнительного образования, выясняется, что самое полезное, что было на Физтехе “in general”, — это пары по английскому языку, на которых всем студентам дают азы презентаций, публичных выступлений, прививают навыки деловой переписки».

Проблемы с социализацией подтверждают работодатели из индустрии. «Физтеху долго привыкают к команде. В университете очень много зависит от личных достижений и не так много от работы в группе. Например, большинство студентов полагается только на себя, зачастую недооценивая преимущества командной работы. В реальных проектах невозможно справиться в одиночку, приходится доверять коллегам и эффективно работать с командой. Физтеху приходится наверстывать этот навык», — комментирует Мария Алексева, Head of Recruiting, McKinsey & Company.

### БОЛЬШЕ ТЕОРЕТИКИ, ЧЕМ ПРАКТИКИ

Помимо вышеперечисленного, выпускники упоминали недостаточную практикоориентированность полученного образования. Многие из того, что им преподавали, было слишком общо и неконкретно. Так, например, за 6 лет на Физтехе можно прослушать 8 семестров вычислительной математики и программирования, но в итоге осваивать популярный MatLab в «горящем» режиме к защите диплома.

«Если я хочу заниматься наукой, очень многое придется получать извне. У меня есть представления о разных областях науки и научных подходах, но навыки, которые позволяют сестре и довести что-то до результата, мне приходится получать самостоятельно, — говорит Мария Парфенова. — Особенно это касается программирования. Несмотря на наличие курсов, так или иначе связанных с программированием, наиболее распространенные языки либо преподавались бегло (MatLab), либо вообще никак (все остальные, кроме си/плюсов и ассемблера). Создавать или работать с чем-либо неэлементарным приходилось учиться самостоятельно и мне, и многим моим знакомым физтехам. Аналогично, был курс по теории вероятностей, но одного его для серьезной работы с, например, анализом случайных процессов недостаточно».

97% ВЫПУСКНИКОВ  
МАГИСТРАТУРЫ 2017 ГОДА  
ТРУДОУСТРОЕНЫ

Отсутствие бэкграунда в узкой области и практических навыков работы приводит к тому, что выпускники Физтеха, несмотря на потенциал, не становятся экспертами в какой-то узкой области. Они раз за разом блестяще решают поставленные задачи, но не растут как узкие специалисты.

«Физтеху зачастую погружаются в научный подход и забывают о практике. Ее нужно нарабатывать, практический опыт и практический подход. Физтеху больше теоретики, но при этом глубокая теория помогает и когда уже есть опыт — это бесценное сочетание. Нужно больше практики и прикладных задач», — объясняет Ольга Августан, руководитель департамента образования и исследований Mail.Ru Group.

### ВСЕМ НУЖЕН ДИАЛОГ

Чтобы решить проблему, необходимо знать о ее существовании. Выпускники и преподаватели, представители кафедр и компаний-работодателей — все наши собеседники отмечали необходимость появления диалога между участниками образовательного процесса. Например, руководители институтских кафедр открыто говорили о важности получения отзывов от студентов и вовлеченности деканатов и заведующих базовыми кафедрами в доработку образовательных программ. Кроме того, многие студенты и выпускники говорили о необходимости замены одних предметов другими, а также об изменении порядка преподавания курсов.

Нужны ли анонимные отзывы на преподавателей и программы при условии, что их принимают всерьез? Как избежать отсутствия мотивации к обучению по предмету у следующих поколений студентов? Как наладить доверительное общение между базами, деканатами и кафедрами? Нужно ли подстраивать программы общепрограммных дисциплин под факультеты? Можно ли доверить студенту самостоятельное составление учебного плана в магистратуре и отказаться от доминирования обязательных курсов? Верные ответы на все эти вопросы невозможно сформулировать в одностороннем порядке или «спустить» сверху приказом ректора. Чтобы их найти, нужна открытая дискуссия, в которой будет учтено мнение всех участников. Поводов для общения уже немало. ■



# О ДИВНЫЙ РНК-МИР

*Клетки используют три типа сложных молекул — ДНК, РНК и белки. ДНК хранит наследственную информацию. РНК близка к ДНК по химической структуре, но сворачивается не в две спирали, а в клубки из одной цепочки. Она — посредник между ДНК и белками. Белки же кодируются генами, участками ДНК, и выполняют большинство функций клетки.*

□ Гипотеза РНК-мира гласит, что жизнь началась не с трех типов молекул, а с одной РНК. Однако у теории есть ряд проблем. В состав нуклеотидов, являющихся мономерами РНК, входит фосфат. Но нельзя просто взять и добыть фосфаты, доступного фосфора в природе не так много. Потому рассматриваются альтернативные гипотезы. В журнале *Cell* была опубликована статья, добавляющая аргументов одной из них — гипотезе первичного метаболизма без участия фосфатов, зато с железом и серой. СМИ отреагировали на новость по-своему — оказывается, гипотезу РНК-мира поставили под сомнение и даже почти отменили. Но так ли это?



## МИХАИЛ НИКИТИН,

МЛАДШИЙ НАУЧНЫЙ СОТРУДНИК  
НИИ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКОЙ БИОЛОГИИ  
ИМЕНИ А. Н. БЕЛОЗЕРСКОГО, МГУ,  
АВТОР КНИГИ «ПРОИСХОЖДЕНИЕ  
ЖИЗНИ. ОТ ТУМАННОСТИ ДО КЛЕТКИ»

РНК в клетках работает, в основном, посредником между ДНК и белками. С генов снимаются временные копии, называемые матричными РНК, которые поступают в рибосомы — структуры для сборки белков, — где главную роль играют рибосомные РНК. Существуют вирусы, в которых РНК — носитель информации. Среди них вирус гриппа. РНК может заменять ген в качестве катализатора, и рибосомная РНК до сих пор это делает.

Статья: Goldford J. E. et al. Remnants of an ancient metabolism without phosphate // *Cell*. — 2017. — Т. 168. — №. 6. — С. 1126-1134. e9.

То есть РНК может выполнять функции и ДНК, и белков.

В конце 70-х годов возникла гипотеза, что жизнь началась с молекулы РНК, которая потом была заменена ДНК для более надежного хранения информации и белками, ибо они химически разнообразнее и могут участвовать в большем числе химических реакций. В 80–90-е гипотеза получила много подтверждений

Однако на 100 % общепринятой она не стала. Для того чтобы жизнь началась с РНК, надо где-то собрать и накопить достаточное количество строительных блоков РНК — нуклеотидов. Это сложные молекулы, которые сложнее аминокислот — строительных блоков белков. Они не образуются от абиогенных факторов, таких как электрические разряды в атмосфере из метана и аммиака, а вот аминокислоты там отлично синтезируются. Последние есть в составе некоторых метеоритов и комет, а нуклеотидов там нет.

Статья делает шаг в пользу другой гипотезы — протометаболической. Согласно ей жизнь началась не с длинных полимерных молекул, а с химических реакций обмена веществ между маленькими молекулами. То есть сначала был некий протообмен веществ, который проходил не при помощи ферментов (их не было), а при помощи катализаторов из неживой природы. Например, минералов, железа и серы, солнечного ультрафиолетового излучения, разрядов молний и так далее.

Еще одна из претензий к РНК-миру — для РНК и ДНК необходим фосфор. В неживой природе фосфор труднодоступен. Авторы статьи старались найти в обмене веществ живых клеток такую часть, которая могла бы работать вообще без фосфора. Они предположили, что жизнь могла использовать только кислород, углерод, водород, азот, серу и железо. Сера может также участвовать в переносе энергии, но хуже, чем аденозинтрифосфорная кислота (АТФ). У авторов получилась большая сеть обмена веществ из более чем 200 структур, включая аминокислоты. Это хороший результат. Они показали, что без фосфора из простых соединений может получаться почти половина аминокислот для белков. Также появлялись элементы жирных кислот и продукты метаболизма — лимонная и щавелеуксусная кислота.

Опроверяет ли это гипотезу мира РНК? Я считаю, что не проверяет. Показывает только, что есть альтернативная возможность. На самом деле проблема доступности фосфора решаема. В районе вулканов выходят летучие оксиды фосфора, которые, растворяясь в воде, делают его доступным. В горячих источниках высокое содержание доступного фосфора, пригодного для использования живыми клетками. Несмотря на высокую температуру и множество ядовитых соединений, бактериальная жизнь там просто кипит.



## ИЛЬЯ МАНУХОВ,

ДОКТОР БИОЛОГИЧЕСКИХ НАУК,  
РУКОВОДИТЕЛЬ ЛАБОРАТОРИИ  
МОЛЕКУЛЯРНОЙ ГЕНЕТИКИ МФТИ

Статья посвящена биохимическим процессам, не использующим фосфаты. Утверждается, что пул реакций, не использующих фосфаты, мог быть основой процессов, предшествовавших появлению универсального предшественника (last universal common ancestor, LUCA), то есть основой процессов химической эволюции. Авторы, рассматривая известные биохимические реакции, в которых не задействованы фосфаты, составили некий набор реакций, позволяющий синтезировать основные аминокислоты, липиды, кофакторы и т. д. Обеспечить эти процессы энергией без участия фосфатов можно было за счет окислительно-восстановительных реакций типа Ацетил-CoA-CoA (предполагаемый предшественник — ацетил-пантатеин-пантатеин).

Статья несколько теряет убедительность из-за отсутствия новых экспериментальных данных.

Следует отметить, что одним из основных критериев живой системы является самовоспроизведение, включающее наследственность и изменчивость. Описанный пул реакций не позволяет сделать предположение о том, как такая система бесфосфатных реакций могла бы самовоспроизводиться. То есть нет возможности протекания химической эволюции без предшественников РНК (а значит, и без фосфатов).

Исследование наиболее консервативных генов показывает, что, по-видимому, первыми генами были рибосомальные гены и предшественники транспортных РНК. Парадокс остается в том, что гены РНК-полимераз, похоже, появились позже, чем рибосомальные.

Резюмируя сказанное, у исследованного набора реакций остается лишь сравнительно небольшая возможность для существования — это более широкое распространение в метаболизме протоорганизмов, чем считалось ранее. В любом случае, самовоспроизводиться система бесфосфатного метаболизма могла только в комплексе с уже сложившейся системой наследственности и изменчивости, основанной на рибосомах.

# КИБЕРПАНК ВОЗВРАЩАЕТСЯ

*ного фантастами не реализована до сих пор или не будет создана вовсе. Какие идеи, показанные во второй части истории Бегущих по лезвию, имеют право на жизнь, а какие мы вряд ли когда-нибудь сможем обнаружить воплощенными в реальности — разбираемся с сотрудниками лаборатории нейронных систем и глубокого обучения МФТИ Вадимом Полуляхом и Валентином Малых.*

## **В кино:**

Сами по себе репликаны — наверное, основные действующие персонажи обоих фильмов, — это биологические машины, созданные наподобие людей, обладающие всеми теми же органами чувств, но большими возможностями. Они повсеместно используются во внеземных колониях людей, выполняя тяжелую работу. Чтобы репликаны чувствовали себя более комфортно психологически, при создании им записываются специально спроектированные искусственные воспоминания.



## **В жизни:**

Генная инженерия уже всю создаст одноклеточные бактерии. Вполне возможно, мы увидим и «улучшенную» версию людей в обозримом будущем. Однако непонятно, каким образом можно записывать в мозг воспоминания и другие знания, например, моторные навыки. Все упомянутое определяется нейронными связями в мозгу. Для подобных манипуляций надо научиться их индуцировать. Сегодня ученые могут только немного ускорять обучение человека на тренажере с помощью электростимуляции.





### **В кино:**

Летающие автомобили — давняя мечта фантастов. И уже второй фильм подряд главный герой бороздит просторы постапокалиптического мира, пролетая над бесконечными просторами ангаров или лавируя между небоскребами именно на таком транспортном средстве.



### **В жизни:**

Силы, удерживающие в воздухе аппарат, показанный в фильме, неизвестны науке. Это не самолет и не вертолет — нет ни реактивной струи, ни движения воздуха, обтекающего аппарат. Кроме того, вертикальный взлет и форма аппарата говорят о том, что аэродинамическая сила не имеет отношения к полету машины. Можно было бы предположить, что машину удерживает в воздухе электромагнитное поле, как это происходит с поездами на магнитной подушке. Но тогда аппарат мог бы летать строго над дорогами с проводящим покрытием. В ближайшее время мы вряд ли увидим транспортное средство из фильма. С другой стороны, уже существуют проекты подобных небольших вертолетов-такси. Так что частный летающий транспорт — вполне осуществимая идея.



### **В кино: В жизни:**

В фантастических фильмах очень часто можно увидеть голограммы. Они имеют трехмерную форму и появляются в произвольном месте пространства. При этом приборы, использующиеся для их создания, похожи на обычные проекторы — находятся только в одной точке. Подруга главного героя — искусственный интеллект (ИИ) в облике голограммы молодой девушки по имени Джой. Он похож поведением на человека и руководствуется эмоциями в своих решениях. Более того, он настаивает на сценарии, в рамках которого он может быть уничтожен.

В наши дни голограммы похожи на фотографии — их носителями являются фотопластины. Пока для обеспечения голограммы такого качества, какое мы видим в фильме, требуется достаточно много оборудования. Если внутри квартиры можно предположить, что голограмма проецируется из одного источника, используя как экран какую-то аэрозольную дымку в воздухе, то как по замыслу художника должен работать миниатюрный прибор на открытом воздухе — решительно непонятно. Но идея мира с трехмерными виртуальными объектами не так безнадежна, как может показаться на первый взгляд. Сейчас ведутся разработки в области дополненной реальности. Возможно, в будущем приборы вроде Google glass станут так же распространены, как мобильные телефоны. Что касается описанного в фильме ИИ, мы вполне можем встретить его в будущем — уже ведутся работы в области «эмоционального искусственного интеллекта». В книге ученого Марвина Минского «The emotion machine» сделана попытка описать принцип работы подобных систем.



Больше фото на [mipt.ru/photoreports/](http://mipt.ru/photoreports/)



Встреча Нобелевского лауреата, выпускника ФФКЭ МФТИ Константина Новосёлова с участниками «Школы фундаментальной и прикладной физики»



Лекция профессора Люксембургского университета, биоинформатика Антонио дель Соль Меза в рамках пленарного заседания 60-й научной конференции МФТИ



☞ День карьеры — 2017

☞ Лицензированная конференция TEDxMIPT#2



☞ День международной дружбы на Физтехе

☞ Казахстанские школьники готовятся на Физтехе к международной естественнонаучной олимпиаде юниоров



☞ Заведующий лабораторией нанобиотехнологий МФТИ Максим Никитин получил спецнаграду премии «Сделано в России»



☞ Турнир «Что? Где? Когда?» в рамках IV Ежегодной конференции выпускников МФТИ

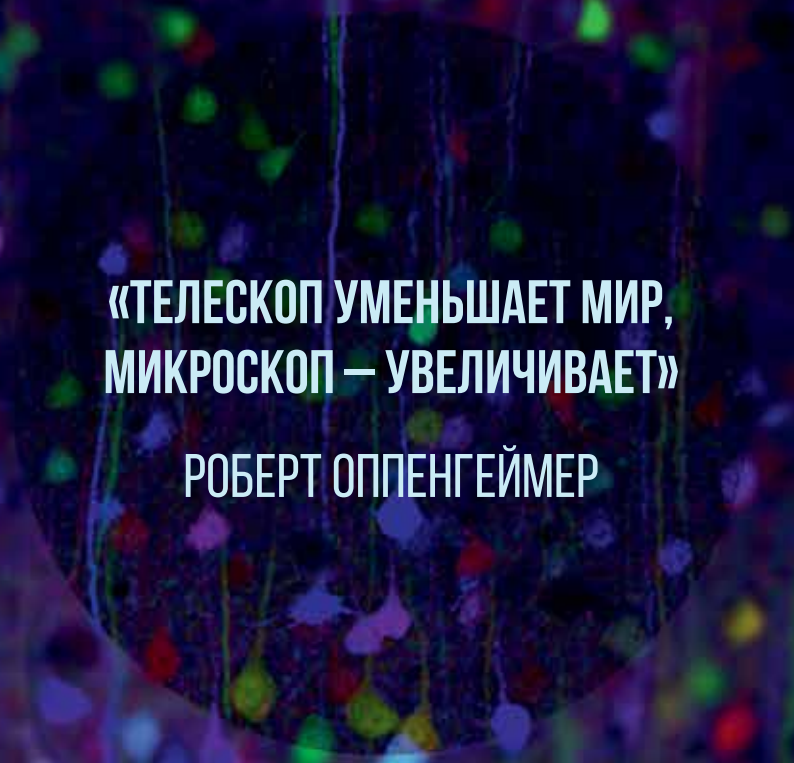
☞ Праздничный концерт в честь Дня рождения Физтеха



22 января  
исполняется 110 лет  
со Дня рождения  
Льва Ландау



«Главное – делайте все с увлечением:  
это страшно украшает жизнь»  
Лев Ландау



**«ТЕЛЕСКОП УМЕНЬШАЕТ МИР,  
МИКРОСКОП — УВЕЛИЧИВАЕТ»**

**РОБЕРТ ОППЕНГЕЙМЕР**