

новостей Российского научного фонда

Дайджест

**Биолог Ирина
Исакова-Сивак
о новой вакцине
от коронавируса**

читайте

32

стр.

В номере

12

Самое сильное потепление за последние 7 000 лет

20

Уникальные археологические находки в Хакасии

22

Новый сверхстойчивый материал для космоса и авиации

28

Открытие научной выставки «Фундамент будущего»



Российский
научный
фонд

#3

июль–сентябрь

Дайджест

новостей Российского научного фонда

2022

СОДЕРЖАНИЕ

ОТ КРЫ ТИЯ

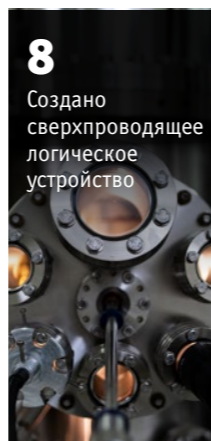
6

Разработана программа-ассистент для проведения нейрохирургических операций



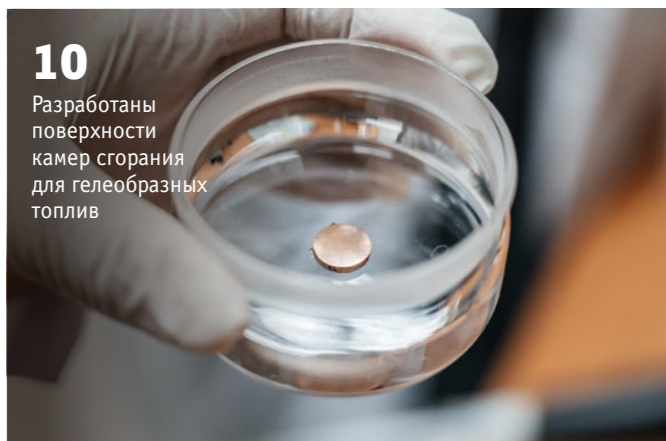
8

Создано сверхпроводящее логическое устройство



10

Разработаны поверхности камер сгорания для гелеобразных топлив



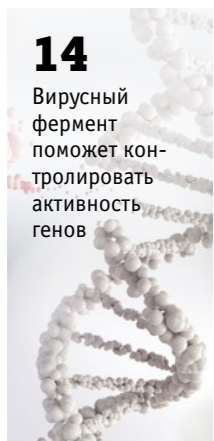
12

Современное потепление оказалось самым сильным за последние 7 000 лет



14

Вирусный фермент поможет контролировать активность генов



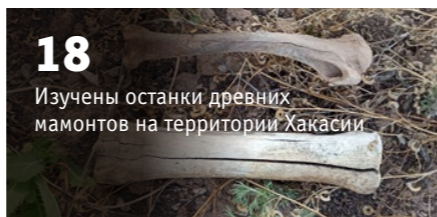
16

Определено оптимальное время уборки свеклы для получения красящего пигмента



18

Изучены останки древних мамонтов на территории Хакасии



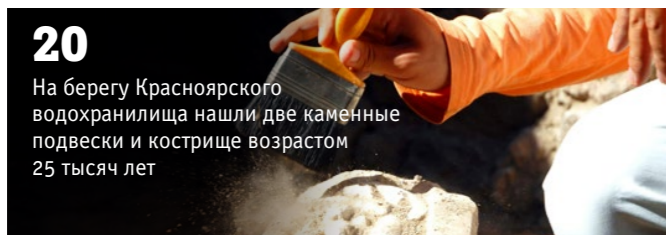
22

Создан новый защитный композит для космоса и авиации



20

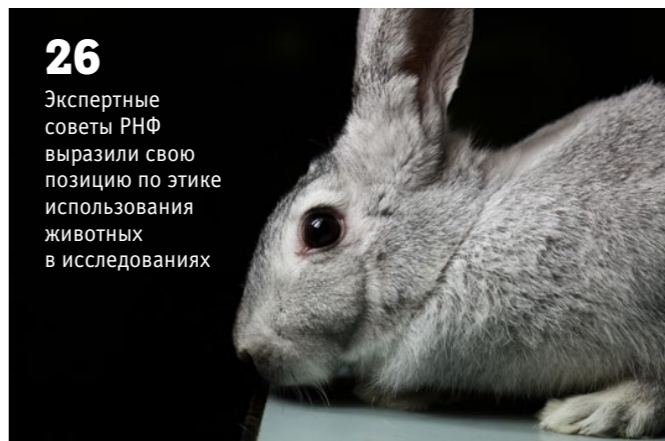
На берегу Красноярского водохранилища нашли две каменные подвески и кострище возрастом 25 тысяч лет



СО БЫ ТИЯ

26

Экспертные советы РНФ выразили свою позицию по этике использования животных в исследованиях



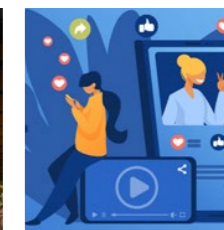
27

РНФ объявил прием заявок на шесть конкурсов



28

В Политехническом музее открылась выставка «Фундамент будущего»



29

РНФ выходит на новые площадки в социальных сетях

ИН ТЕР ВЬЮ

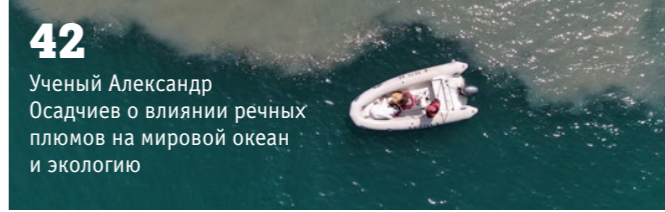
32

Биолог Ирина Исакова-Сивак о разработке комбинированной вакцины от гриппа и коронавируса



42

Ученый Александр Осадчий о влиянии речных плумов на мировую океан и экологию



СПЕЦПРОЕКТ

58

Хранители культурного наследия





**ОТ
КРЫ
ТИЯ**



Источник: ТАСС

Президентская программа исследовательских проектов

РАЗРАБОТАНА ПРОГРАММА-АССИСТЕНТ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ НЕЙРОХИРУРГИЧЕСКИХ ОПЕРАЦИЙ

НАЗВАНИЕ ПРОЕКТА

Применение вычислительной гемодинамики
в предоперационном моделировании



Руководитель проекта

Паршин Даниил Васильевич
кандидат
физико-математических наук



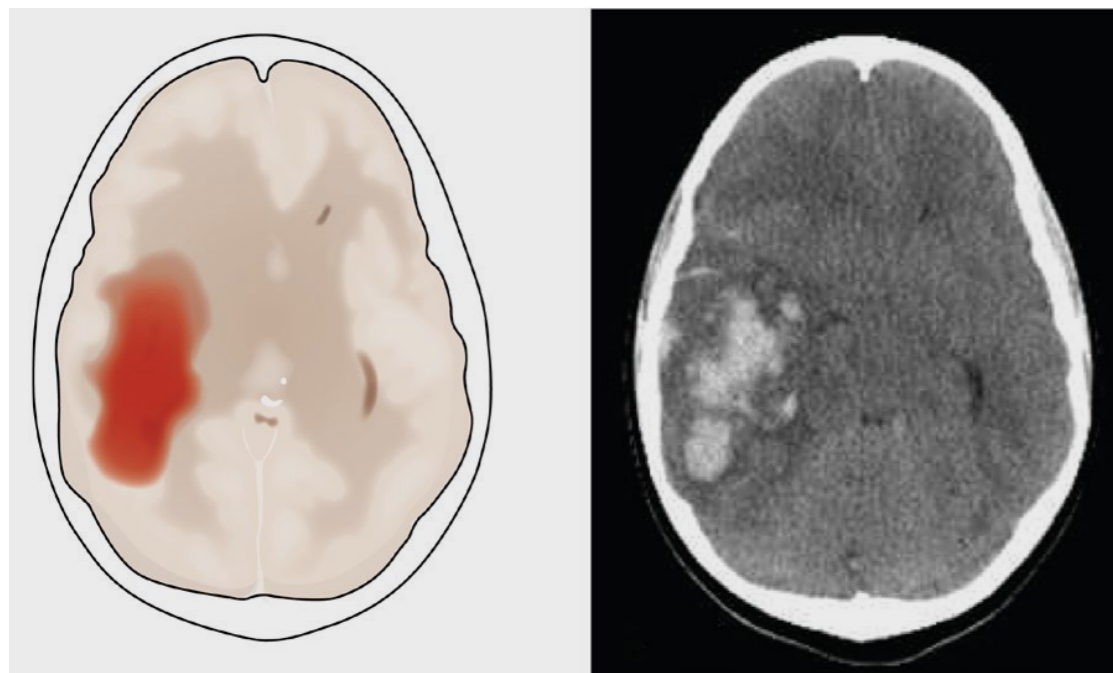
Институт гидродинамики
имени М. А. Лаврентьева Сибирского
отделения РАН



Новосибирск



июль 2020 – июнь 2023



◀ Инсульт. Изображение в программе-ассистенте для нейрохирургических операций. Источник: Anatomy & Physiology, Connexions Web site



При аневризме головного мозга происходит патологическое локальное выпячивание сосудистой стенки. Это своего рода бомба замедленного действия, поскольку аневризма не только сдавливает близлежащие структуры головного мозга, но и в конечном счете может разорваться под давлением. При излиянии крови в мозг нарушаются его функции, что часто приводит к смерти. Одним из возможных методов лечения аневризмы может быть наложение анастомоза, или шунта. Однако острым вопросом в современной нейрохирургии аневризм является сама необходимость операции — риск разрыва аневризмы сопоставим с угрозой возникновения постоперационных осложнений.

ИССЛЕДОВАТЕЛИ РАЗРАБОТАЛИ ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДЛЯ ХИРУРГОВ, ПОЗВОЛЯЮЩЕЕ ОПРЕДЕЛИТЬ ОПТИМАЛЬНЫЕ ПАРАМЕТРЫ УСТАНОВКИ ШУНТА (СОЕДИНЕНИЯ СОСУДОВ) ИНДИВИДУАЛЬНО ДЛЯ КАЖДОГО ПАЦИЕНТА ВО ВРЕМЯ ОПЕРАЦИИ НА ГОЛОВНОМ МОЗГЕ.

Программа-ассистент выдает рекомендации, где и под каким углом установить анастомоз. Происходит это на основе анализа DICOM-изображения* сосудов головного мозга пациента: хирург, получив изображение, размечает его, следуя указаниям программы. По установленным меткам этот программный ассистент создает математическую модель сосудистой сети, расчет которой и позволяет выбрать оптимальный вариант шунта. В зависимости от того, под каким углом установлен сосуд-донор по отношению к магистральному, возникает вихрь разной интенсивности. Поскольку вихреобразование является предиктором образования тромбов, то разработанная программа будет учитывать этот фактор. В ходе исследования ученым удалось рассчитать оптимальный угол установки шунта — он оказался равен 60 градусам. Таким образом, они смогли закрепить практический опыт хирургов строгими научными рекомендациями.

* DICOM, Digital Imaging and Communications in Medicine, — отраслевой стандарт в медицине для создания, хранения, передачи и визуализации цифровых медицинских изображений и документов пациентов.



Источник: Коммерсант

Президентская программа исследовательских проектов

СОЗДАНО СВЕРХПРОВОДЯЩЕЕ ЛОГИЧЕСКОЕ УСТРОЙСТВО

НАЗВАНИЕ ПРОЕКТА

Гибридные системы сверхпроводник-ферромагнетик как ключевой элемент нейросетевых и квантовых вычислений



Руководитель проекта

Столяров Василий Сергеевич
кандидат
физико-математических наук



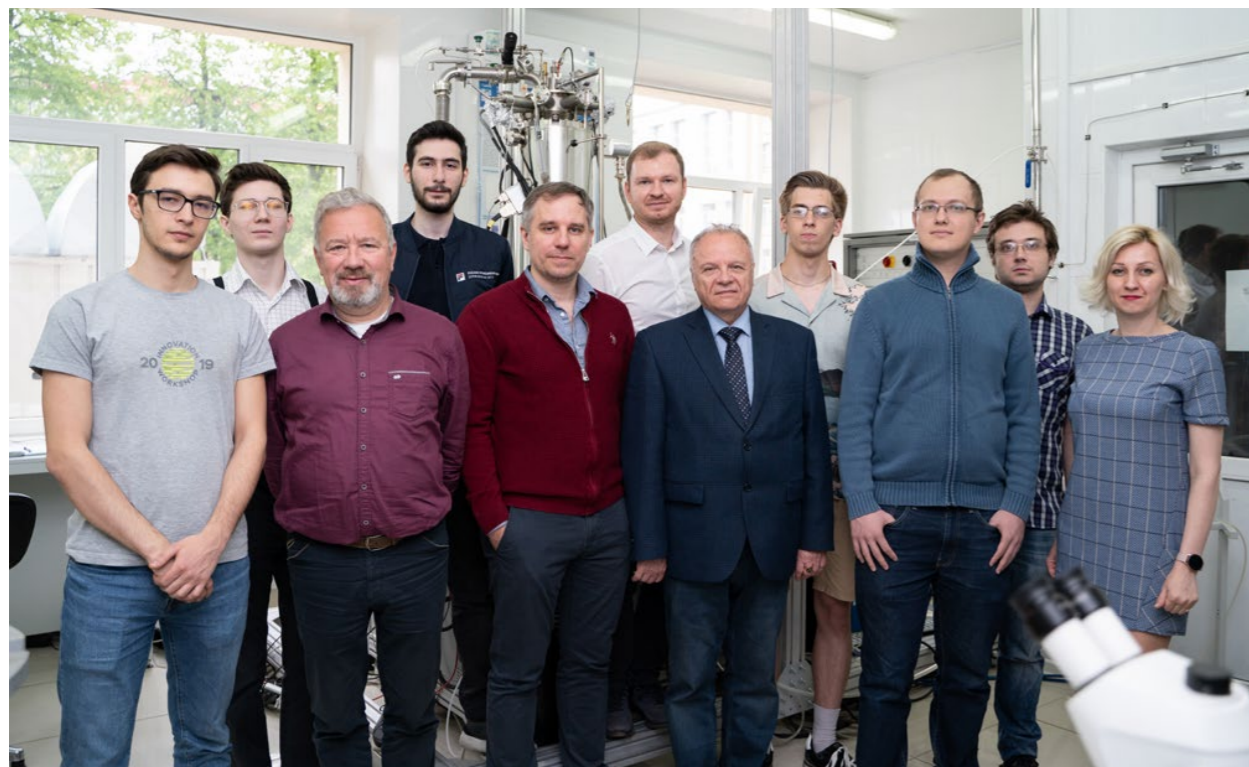
Московский физико-технический институт



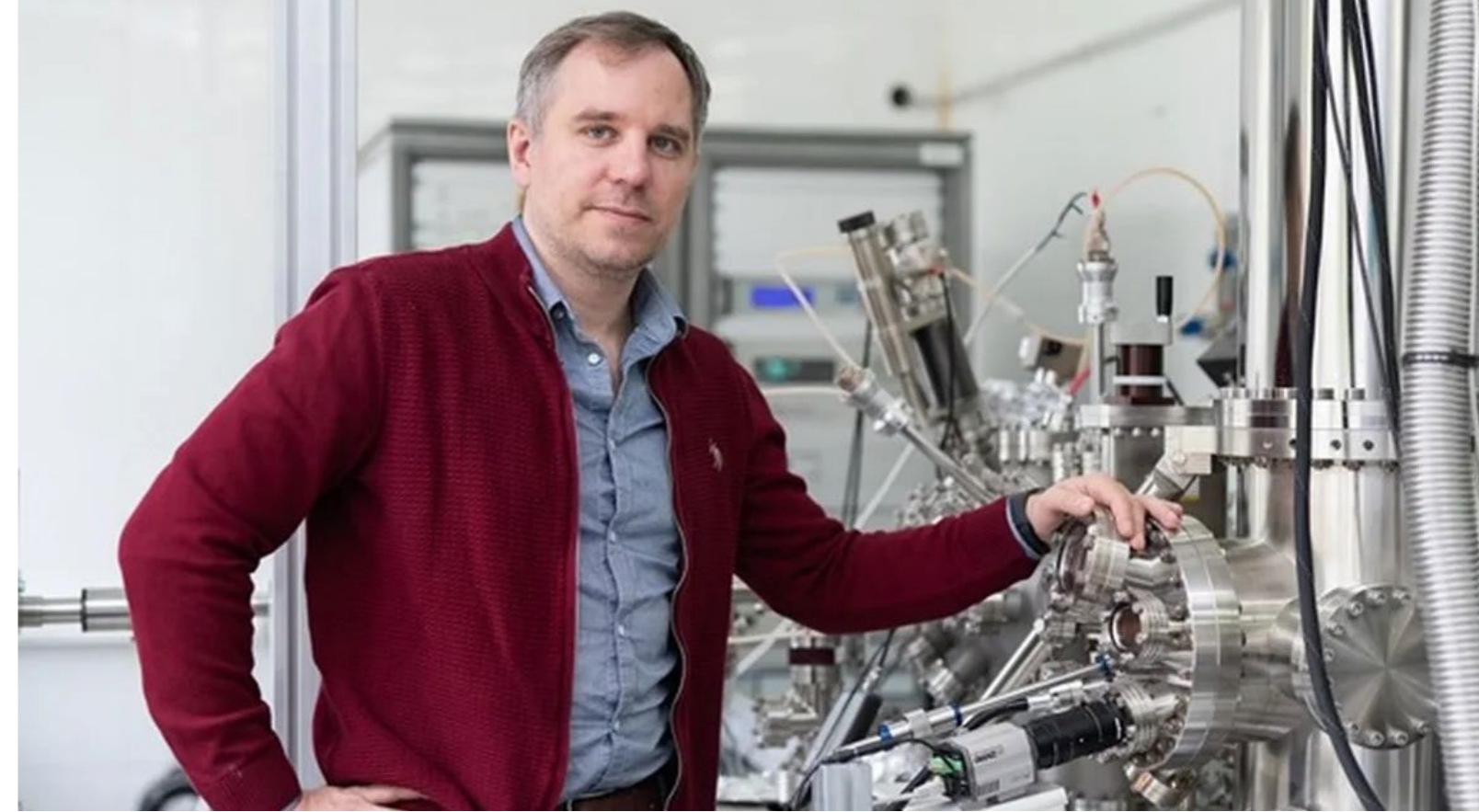
Москва



июль 2021 – июнь 2023



Исследовательская группа.
Источник: пресс-служба МФТИ



Василий Столяров у сверхпроводящего логического устройства.
Источник: пресс-служба МФТИ

Основная цель изучения сверхпроводящих структур — это создание устройств, работающих практически без выделения тепла. В этом смысле сверхпроводники выглядят очень перспективно, так как проводят ток совсем без сопротивления. Остается открытым вопрос: как при отсутствии сопротивления создать логическое устройство, потому что именно наличие возмущения определяет событие, которое принимается за 0 или 1 в логическом устройстве. В транзисторах таким возмущением стало наличие или отсутствие напряжения. В сверхпроводниках при пропускании тока меньше его критического значения электрическое напряжение отсутствует, поэтому в обычной ситуации нельзя фиксировать происходящие в них события.

ОДНАКО ИССЛЕДОВАТЕЛИ НАУЧИЛИСЬ ФИКСИРОВАТЬ СОБЫТИЯ В СВЕРХПРОВОДЯЩЕМ ДЖОЗЕФСОНОВСКОМ УСТРОЙСТВЕ ДО ПОЯВЛЕНИЯ КАКОГО-ЛИБО ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО НАПРЯЖЕНИЯ НА НЕМ.

Физики создали систему из двух сверхпроводников — ниобиевых контактов, между которыми находится тонкий участок медной пленки. Такая система называется джозефсоновским контактом на основе нормального металла. У участка меди — он называется слабой связью — есть критические характеристики, в том числе критический ток. При пропускании тока оказалось, что в некоторый момент в систему входит вихрь джозефсоновских токов, который несет с собой квант магнитного потока. Это позволяет фиксировать вход и выход кванта магнитного потока в устройство. Затем ученые создали устройство, которое без магнитного микроскопа, на чипе, позволяет задавать состояния 0 и 1, оперируя только одним джозефсоновским вихрем. Результаты исследования лягут в основу принципиально нового направления в создании сверхпроводящих логических устройств. Статья опубликована в *Nano Letters*.



Источник: РИА Новости

Президентская программа исследовательских проектов

РАЗРАБОТАНЫ ПОВЕРХНОСТИ КАМЕР СГОРАНИЯ ДЛЯ ГЕЛЕОБРАЗНЫХ ТОПЛИВ


НАЗВАНИЕ ПРОЕКТА

Разработка физических и математических моделей зажигания гелеобразных топлив в условиях, характерных для космоса, Арктики и Антарктики




Руководитель проекта

Глушков Дмитрий Олегович
доктор технических наук

 Томский политехнический университет

 Томск

 2018–2022



Лабораторные исследования.
Источник: Дмитрий Феоктистов



Модификация текстуры поверхностей металлов и керамики лазерным излучением. Источник: Дмитрий Феоктистов

Лазерные технологии сегодня широко применяются в промышленности при сварке, резке, термообработке, сверлении, а также в повседневной жизни — например, при считывании штрих-кодов и записи дисков. Они позволяют получать результаты, которых нельзя достичь другими средствами.

Исследователи применили лазерные технологии обработки поверхностей для теплоэнергетики и авиакосмической отрасли. В частности, они разработали новые виды поверхностей нагрева из жаропрочной стали и карбидкремниевой керамики, из которых конструируются элементы камер сгорания энергогенерирующего оборудования для сжигания традиционных и перспективных безметалльных и металлизированных гелеобразных топлив.

**СОЗДАННЫЕ УЧЕНЫМИ ПОВЕРХНОСТИ НАГРЕВА НАМНОГО УСТОЙЧИВЕЕ
К ОСАЖДЕНИЮ ПРОДУКТОВ ГОРЕНИЯ, ЗОЛЫ И ДАЖЕ ШЛАКА ПО СРАВНЕНИЮ
С ТЕМИ, ЧТО ИСПОЛЬЗУЮТСЯ НА ПРАКТИКЕ.**

Кроме того, при попадании на такие поверхности капля топлив более чем на 30% уменьшается время задержки зажигания и выгорания в условиях кондуктивного нагрева. Это позволит значительно улучшить характеристики двигателей различных типов — внутреннего сгорания, дизельных и реактивных, а также топков энергогенерирующего оборудования. В дальнейшем ученые намерены получить композитные материалы с керамической матрицей Cu/SiC. Они характеризуются уникальными свойствами, которые необходимы для работы передовых цифровых, интеллектуальных производственных технологий, систем обработки больших объемов данных, искусственного интеллекта и систем связи 5G. Результаты опубликованы в журнале *Fuel*.



Источник: ТАСС

СОВРЕМЕННОЕ ПОТЕПЛЕНИЕ ОКАЗАЛОСЬ САМЫМ СИЛЬНЫМ ЗА ПОСЛЕДНИЕ 7 000 ЛЕТ

НАЗВАНИЕ ПРОЕКТА

Полярная граница леса на Ямале: голоценовая история и современность



Руководитель проекта

Кукарских Владимир Витальевич
кандидат биологических наук



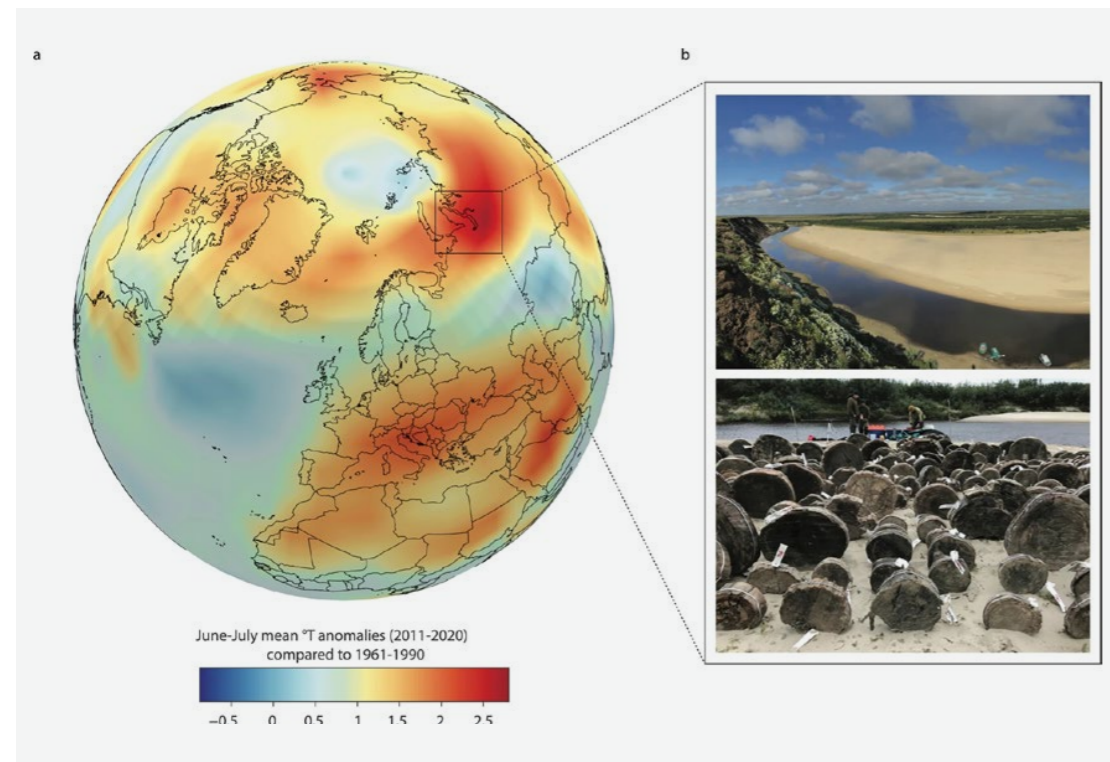
Институт экологии растений и животных
Уральского отделения РАН



Екатеринбург



2021–2023



а) Аномалии средней температуры июня-июля в Северном полушарии и большей части полуострова Ямал. б) Вид с воздуха на реку Танлова и ископаемую древесину. Источник: Hantemirov, R. M., Corona, C., Guillet, S. et al.



Ученые исследовали изменение климата по кольцам полуископаемых деревьев Ямала. Фото: Владимир Кукарских, пресс-служба УрФУ

Из-за циклических изменений орбитальных параметров Земли в приполярных широтах Северного полушария летом происходит постепенное снижение поступления солнечной энергии. Эта фаза, начавшаяся около 8–9 тысяч лет назад, продолжается и сейчас. Однако новое исследование годичных колец деревьев показывает, что с середины XIX века температура стала очень быстро повышаться. В последние десятилетия она достигла самых высоких значений.

УЧЕНЫЕ ИССЛЕДОВАЛИ СВЕРХДЛИТЕЛЬНУЮ ДРЕВЕСНО-КОЛЬЦЕВУЮ ХРОНОЛОГИЮ, КОТОРАЯ НА ПРОТЯЖЕНИИ 40 ЛЕТ СОЗДАВАЛАСЬ ПО ШИРИНЕ ГОДИЧНЫХ КОЛЕЦ ПОЛУИСКАПАЕМЫХ ДЕРЕВЬЕВ ЯМАЛА.

Анализ полученных данных показал, что летние сезоны последних десятилетий на севере Западной Сибири оказались самыми теплыми за 7000 лет. Темпы роста температуры в последние десятилетия не являются слишком быстрыми, если рассматривать относительно короткие масштабы времени. Но в интервале 160–170 лет скорость нынешнего потепления оказывается самой высокой в сравнении с тем, что было в прошлом. Об исключительности современного потепления говорит и тот факт, что за минувшее столетие не было ни одного экстремально холодного лета. При этом произошло 27 экстремально теплых летних сезонов. Из них 19 выпало на последние 40 лет, то есть каждый второй год температура была выше нормы. По мнению ученых, результаты исследования говорят о том, что антропогенные факторы пополнили список основных сил, влияющих на изменение климата, и стали более определяющими, чем естественные причины. Статья о работе ученых вышла в журнале *Nature Communications*.



Источник: Поиск

Президентская программа исследовательских проектов

ВИРУСНЫЙ ФЕРМЕНТ ПОМОЖЕТ КОНТРОЛИРОВАТЬ АКТИВНОСТЬ ГЕНОВ

НАЗВАНИЕ ПРОЕКТА

Фундаментальные проблемы регенеративной медицины: регуляция обновления и репарации тканей человека



Руководитель проекта

Ткачук Всеволод Арсеньевич
доктор биологических наук,
академик РАН



Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова



Москва



2019–2022

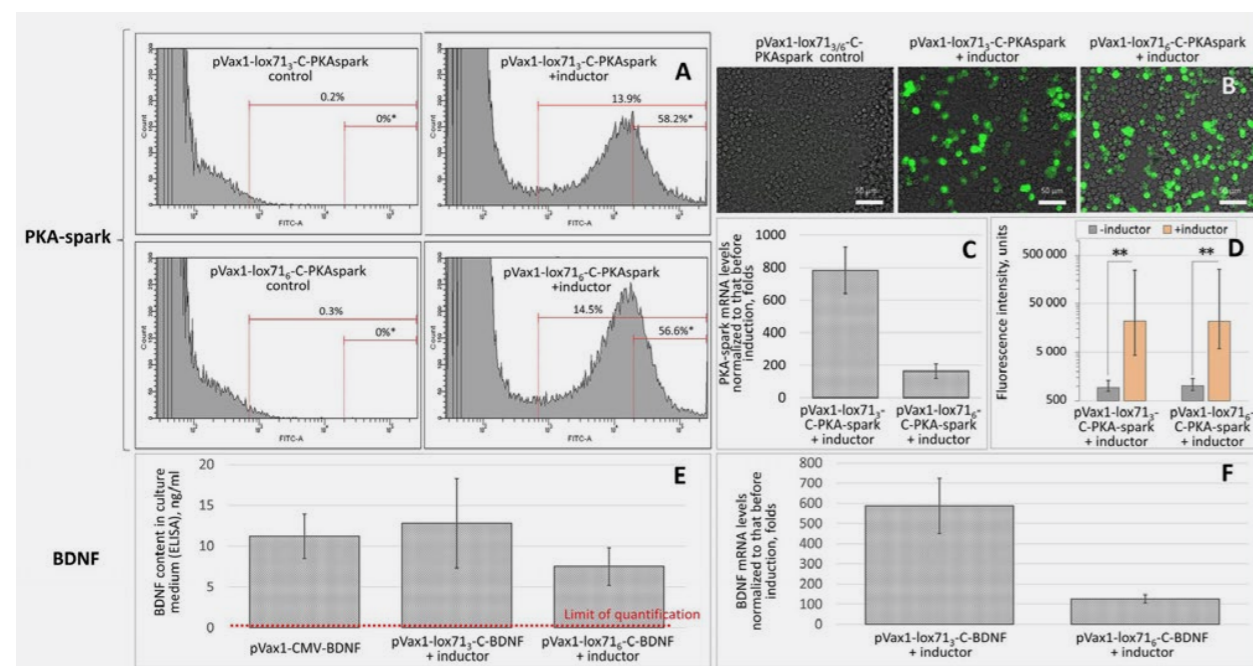


В живых клетках одни гены очень активны, а другие могут долгое время «молчать». Своевременное и точное включение нужных генов и поддержание их активности позволяет организму правильно функционировать. Управляя активностью генов, можно изучать механизмы развития генетических заболеваний, а также увеличить точность систем редактирования генома и повысить эффективность генотерапевтических препаратов. Современные системы направленной активации генов несовершенны: их трудно доставлять в клетки из-за большого размера. Кроме того, иногда системы активируют помимо гена-мишени еще несколько других.

УЧЕНЫЕ ПРЕДЛОЖИЛИ КОМПАКТНУЮ МОЛЕКУЛЯРНУЮ СИСТЕМУ, СПОСОБНУЮ АКТИВИРОВАТЬ ТОЛЬКО НУЖНЫЕ ГЕНЫ.

За основу ученые взяли вирусный фермент Cre-рекомбиназу. В норме она разрезает молекулу ДНК строго в определенном месте, таким образом участвуя в размножении вируса. Фермент находит это место по последовательности букв-нуклеотидов в ДНК. Обнаружив «пароль», рекомбиназа связывается с молекулой ДНК. Биологи использовали неактивную Cre-рекомбиназу, неспособную разрезать ДНК. При этом она точно находила нужное для посадки место (или сайт) и связывалась с ним. К рекомбиназе присоединили фрагмент транскрипционного фактора, отвечающего за активацию генов. В результате рекомбиназа доставляла активатор в нужные участки ДНК.

Метод проверили на опухолевых клетках почечного эпителия человека. Удалось показать, что предложенная система позволяет контролировать нужный ген и при необходимости в сотни раз увеличивать его активность, не влияя при этом на работу остальных последовательностей ДНК в клетке. Метод позволит повысить эффективность редактирования генома, а также может использоваться в генной терапии и биотехнологическом производстве. Статья вышла в журнале *Cells*.



Флуоресценция опухолевых клеток почечного эпителия человека до активации гена зеленого флуоресцентного белка и после. Источник: Karagyaur et al. / *Cells*, 2022



Источник: Поиск

ОПРЕДЕЛЕНО ОПТИМАЛЬНОЕ ВРЕМЯ УБОРКИ СВЕКЛЫ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ КРАСЯЩЕГО ПИГМЕНТА

НАЗВАНИЕ ПРОЕКТА

Создание с использованием генетических технологий и изучение новых линий растений, адаптированных к меняющимся условиям окружающей среды, обладающих повышенной продуктивностью и диетической ценностью



Руководитель проекта

Хлесткина Елена
Константиновна

доктор биологических наук



Всероссийский институт генетических
ресурсов растений имени Н. И. Вавилова



Санкт-Петербург



2021–2024



Уборка урожая свеклы



Столовая свекла — важный источник натурального красного пищевого красителя бета-ина (E162), обладающего противовоспалительными, антимикробными и антиканцерогенными свойствами. Полезный краситель используют, например, для придания цвета сухим зерновым завтракам, йогуртам, суфле и пастам из творога, а также мороженому и различным десертам. Ученые выяснили, когда следует собирать свеклу для более эффективного извлечения красного пигмента. Оказалось, что уборку урожая следует ориентировать на абиотические факторы среды, а не на величину корнеплода. Со временем накопительного эффекта пигментов не происходит, поэтому ждать, когда вырастет большой корнеплод не стоит. К тому же, согласно данным, гораздо больше пигментов накапливается в кожуре, а не в мякоти.

**ПРИ ВЫБОРЕ СОРТА ДЛЯ ИЗВЛЕЧЕНИЯ КРАСИТЕЛЯ ПРЕДПОЧТЕНИЕ СЛЕДУЕТ
ОТДАВАТЬ СРЕДНЕСПЕЛЫМ СОРТАМ С ОКРУГЛЫМИ И НЕКРУПНЫМИ
КОРНЕПЛОДАМИ, БОЛЬШИМ КОЛИЧЕСТВОМ УЗКИХ ЛИСТОВЫХ ПЛАСТИНОК,
КОРОТКИМИ И ТОНКИМИ ЧЕРЕШКАМИ.**

Чтобы определить оптимальные сроки уборки, ботаники исследовали динамику изменения содержания красных (бетацианинов) и желтых (бетаксантинов) пигментов у образцов столовой свеклы в связке с изменениями температуры среды. Оказалось, что кожура свеклы чувствительна к перепадам температуры, а пигментный состав мякоти отрицательно реагировал на осадки. В обоих случаях количество пигментов резко снижалось на вторые-третьи сутки. Таким образом, собирать урожай через три дня после дождя или во время жаркой погоды может быть бессмысленно. Результаты исследования опубликованы в журнале *Agronomy*.



Источник: Наука в Сибири

Президентская программа исследовательских проектов

ИЗУЧЕНЫ ОСТАНКИ ДРЕВНИХ МАМОНТОВ НА ТЕРРИТОРИИ ХАКАСИИ

НАЗВАНИЕ ПРОЕКТА

Палеоэкология крупных млекопитающих в позднем плейстоцене Южной Сибири на основе палеодиетологических и морфологических данных



Руководитель проекта

Маликов Дмитрий Геннадьевич
кандидат
геолого-минералогических наук



Институт геологии и минералогии имени В. С. Соболева Сибирского отделения РАН



Новосибирск



июль 2021 – июнь 2023



◀ Лопатка первобытного бизона *Bison priscus*, предположительно со следами охоты палеолитического человека. Источник: Дмитрий Маликов, Семен Голованов



▲ Семен Голованов на фоне отложений дюнных песков. Источник: Дмитрий Маликов, Семен Голованов

В южной части Минусинской котловины (граница Хакасии и юга Красноярского края) на протяжении плейстоцена наблюдалась богатая фауна по сравнению с другими территориями Сибири. Если, например, в Новосибирской и Томской областях встречалось всего около 25 видов крупных млекопитающих, то на территории Алтая и Минусинской котловины обитало до 40 видов: мамонты, шерстистые носороги, бизоны, горные бараны и другие. Однако сейчас в регионе трудно найти животных крупнее лисы, зайца или косули. Ученые отправились в экспедицию, чтобы узнать причину исчезновения многих животных. В Минусинской котловине была впервые сделана стопроцентно достоверная находка лесного носорога, так называемого носорога Мерка. В прошлые годы в южной части Красноярского края был обнаружен всего один зуб животного. На этот раз палеонтологи нашли фрагмент верхней челюсти с тремя зубами.

ОКОЛО СЕЛА КРАСНОТУРАНСК БЫЛА НАЙДЕНА ЛОПАТКА БИЗОНА С РОВНЫМ КРУГЛЫМ ОТВЕРСТИЕМ. ПО МНЕНИЮ УЧЕНЫХ, ОНО ПРЕДСТАВЛЯЕТ СОБОЙ СЛЕД ВОЗДЕЙСТВИЯ ОРУДИЯ ЧЕЛОВЕКА И ПОЯВИЛОСЬ ВО ВРЕМЯ ОХОТЫ.

Ранее для носорога из этого же места Минусинской котловины радиоуглеродная датировка показала возраст более 50 тысяч лет. Если исследование Института археологии и этнографии СО РАН покажет, что пронзенная лопатка такая же старая, это будет одним из древнейших свидетельств охоты. В долине реки Абакан, в отложениях второй надпойменной террасы обнаружен новый геологический разрез, чей возраст составляет порядка 50 тысяч лет. В разрезе сохранился непереотложенный материал, на что указывают фрагменты скелетов трех сурков в большой комплекции: порядка 40–50 костей от каждой особи. Такие объекты очень редки. После обработки коллекций и проведения радиоуглеродного и изотопного анализа образцов ученые начнут выстраивать общую картину.



Источник: N+1

Президентская программа исследовательских проектов

НА БЕРЕГУ КРАСНОЯРСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА НАШЛИ ДВЕ КАМЕННЫЕ ПОДВЕСКИ И КОСТРИЦЕ ВОЗРАСТОМ 25 ТЫСЯЧ ЛЕТ

НАЗВАНИЕ ПРОЕКТА

Верхнепалеолитическая мозаика — культурно-технологическая изменчивость каменных индустрий предгорных зон севера Центральной Азии во второй половине позднего плейстоцена



Руководитель проекта

Павленок Галина Дмитриевна
кандидат исторических наук



Институт археологии и этнографии
Сибирского отделения РАН



Новосибирск



июль 2021 – июнь 2024



Остатки древнего костра, найденные на палеолитической стоянке Сабаниха-3. Источник: Институт археологии и этнографии СО РАН



Археологические раскопки на палеолитическом памятнике Сабаниха-3

В Республике Хакасия на левом берегу Енисея находится стоянка раннего верхнего палеолита Сабаниха-3. Ее удалось обнаружить в 1986 году, когда воды Красноярского водохранилища размывали береговую линию. За время первых раскопок археологам удалось исследовать культурный слой на площади около 23 квадратных метров, где было найдено более трех тысяч предметов. Примерно такое же количество артефактов было собрано как подъемный материал. Радиоуглеродный анализ образцов показал, что возраст памятника составляет около 23–25 тысяч лет. Эпизодические исследования стоянки продолжались и в последующие годы. В июне 2022 года археологи провели на Сабанихе-3 новые раскопки. Работы стали продолжением многолетних исследований палеолита этого региона. Ученые отметили, что памятник представляет собой единственную известную стоянку раннего верхнего палеолита на Енисее, культурный слой которой сохранился до наших дней в неповрежденном состоянии.

ИССЛЕДОВАТЕЛЯМ УДАЛОСЬ ОБНАРУЖИТЬ БОЛЬШУЮ КОЛЛЕКЦИЮ АРТЕФАКТОВ ИЗ КАМНЯ И КОСТИ. В ОБЩЕЙ СЛОЖНОСТИ БЫЛО НАЙДЕНО БОЛЕЕ ТРЕХ ТЫСЯЧ ПРЕДМЕТОВ, ЧТО ОКАЗАЛОСЬ НЕОЖИДАНЫМ ДЛЯ ЭТОГО ПАМЯТНИКА, ПОСКОЛЬКУ РАСКОПКИ ПРОХОДИЛИ НА ПЕРИФЕРИИ СТОЯНКИ.

Среди находок выделяются две каменные подвески. Поскольку украшение оказалось недоделанным, ученые планируют восстановить технологию его производства. Собранные образцы позволят провести реконструкцию палеоклимата, а также уточнить хронологию памятника. Кроме того, археологи обнаружили редкое для этих мест свидетельство жизнедеятельности древних людей — кострище, которое находилось в положении *in situ**. Возраст этих находок составляет около 25 тысяч лет.

* In situ — от лат. «на месте». Термин, обозначающий, что объект располагается в месте нахождения, в естественной среде.



Источник: РИА Новости

Президентская программа исследовательских проектов

СОЗДАН НОВЫЙ ЗАЩИТНЫЙ КОМПОЗИТ ДЛЯ КОСМОСА И АВИАЦИИ

НАЗВАНИЕ ПРОЕКТА

Синтез и искровое плазменное спекание сверхвысокотемпературной керамики для аэрокосмической промышленности



Руководитель проекта

Непапушев Андрей
Александрович

кандидат технических наук



Национальный исследовательский
технологический университет «МИСиС»



Москва



июль 2019 – июнь 2024



Фрагмент материала.
Источник: НИТУ МИСиС



▲ Спутник над планетой.
Источник: Роскосмос

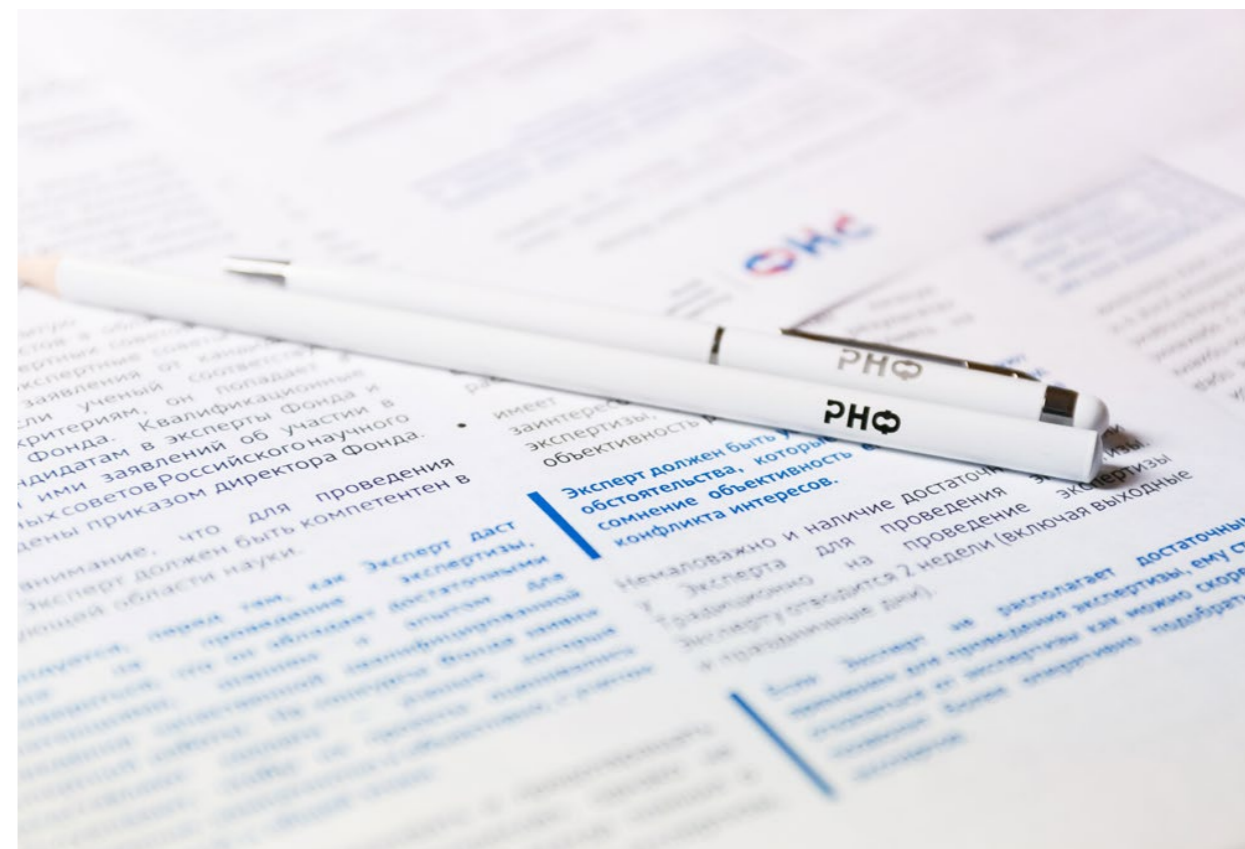
В ракетно-космической технике при прохождении сквозь атмосферу Земли некоторые узлы должны выдерживать интенсивные нагрузки при температурах выше 2 000 °С. Для этих деталей применяют теплозащитные покрытия из композитных материалов. Однако в таких условиях необходимо, чтобы материалы также могли противостоять интенсивному окислению. Поэтому наиболее распространенные углерод-углеродные композиты не используют при температуре больше 1 600 °С, выше которой окисление становится неконтролируемым — активное поступление кислорода и образование газообразных продуктов реакции приводит к полному выгоранию покрытия.

УЧЕНЫЕ РАЗРАБОТАЛИ НОВЫЙ КОМПОЗИЦИОННЫЙ МАТЕРИАЛ НА ОСНОВЕ КАРБОНИТРИДА ГАФНИЯ, УСТОЙЧИВЫЙ КАК К ВЫСОКОЙ ТЕМПЕРАТУРЕ, ТАК И К ОКИСЛЕНИЮ. КОМПОЗИТ ОБЛАДАЕТ НЕ ТОЛЬКО ВЫСОКОЙ ОКИСЛИТЕЛЬНОЙ СТОЙКОСТЬЮ ПРИ ТЕМПЕРАТУРАХ ВЫШЕ 2 000 °С, НО И ВЫСОКИМИ МЕХАНИЧЕСКИМИ И ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИМИ СВОЙСТВАМИ.

Добавка карбида кремния повысила окислительную стойкость и снизила плотность почти вдвое без падения механических свойств. По словам создателей, материал может применяться при изготовлении ответственных узлов ракетно-космической и другой перспективной техники. Сегменты конструкций, выполненные из нового композита, обеспечат эффективную теплозащиту в точках полного торможения потока, испытывающих наибольшую тепловую нагрузку. Карбонитрид гафния синтезировался за счет горения смеси гафния с углеродом в атмосфере азота, а для получения объемного материала применялось искровое плазменное спекание. Как отметили ученые, это простой, быстрый и энергоэффективный подход, пригодный для промышленного производства. Результаты опубликованы в журнале *Ceramics International*.



**СО
БЫ
ТЯ**



АВГУСТ

ЭКСПЕРТНЫЕ СОВЕТЫ РНФ ВЫРАЗИЛИ СВОЮ ПОЗИЦИЮ ПО ЭТИКЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЖИВОТНЫХ В ИССЛЕДОВАНИЯХ



Основываясь на опыте развития отечественной науки, опыте зарубежных стран и анализе применяемых практик российских ученых, работающих с животными в различных направлениях науки, экспертные советы РНФ сформировали свою позицию по этике использования животных. Она отражает мнение экспертного сообщества Фонда и направлена на улучшение практики использования животных в исследованиях, финансируемых грантами РНФ. При этом позиция ни в коей мере не призвана ограничить академические свободы исследователей и носит рекомендательный характер. Подробно с позицией можно ознакомиться в документе на сайте Фонда.

АВГУСТ

РНФ ОБЪЯВИЛ ПРИЕМ ЗАЯВОК НА ШЕСТЬ КОНКУРСОВ



Российский научный фонд объявил о начале приема заявок на шесть конкурсов. В их числе конкурс по поддержке лабораторий, осуществляющих генетические исследования, конкурс междисциплинарных исследований, конкурс по поддержке исследований научных лабораторий мирового уровня, конкурс отдельных научных групп, а также два конкурса на продление ранее выданных грантов (научные лаборатории мирового уровня и отдельные научные группы).



ОДИН ИЗ СЛОГАНОВ ФОНДА — «СОЗДАВАЯ ФУНДАМЕНТ БУДУЩЕГО». НАЗВАНИЕ ВЫСТАВКИ ПОЛНОСТЬЮ ОТРАЖАЕТ МИССИЮ РНФ. МЫ ГОРДИМСЯ ВОЗМОЖНОСТЬЮ ВНЕСТИ ВКЛАД В ПОДДЕРЖКУ И РАЗВИТИЕ ЛУЧШИХ НАУЧНЫХ КОЛЛЕКТИВОВ ИЗ РАЗНЫХ УГОЛКОВ СТРАНЫ. ИМЕННО СОЗДАНИЕ КОМФОРТНОЙ СРЕДЫ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ АМБИЦИОЗНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ПОЛУЧЕНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ МИРОВОГО УРОВНЯ ДЛЯ НАУКИ, ЭКОНОМИКИ И ОБЩЕСТВА БЫЛО И ОСТАЕТСЯ НАШЕЙ ГЛАВНОЙ ЗАДАЧЕЙ. ГЕРОИ ВЫСТАВКИ — ГРАНТОПОЛУЧАТЕЛИ РНФ, ПРЕДСТАВЛЯЮЩИЕ САМЫЕ РАЗНЫЕ ОБЛАСТИ ЗНАНИЯ. РЕЗУЛЬТАТЫ ИХ ИССЛЕДОВАНИЙ ПРИЗНАНЫ НАУЧНЫМ СООБЩЕСТВОМ И, УВЕРЕН, В СКОРОМ ВРЕМЕНИ СМОГУТ ИЗМЕНИТЬ К ЛУЧШЕМУ ЖИЗНЬ КАЖДОГО ИЗ НАС.

Александр Хлунов
генеральный директор РНФ

СЕНТЯБРЬ

В ПОЛИТЕХНИЧЕСКОМ МУЗЕЕ ОТКРЫЛАСЬ ВЫСТАВКА «ФУНДАМЕНТ БУДУЩЕГО»



С цифровым слоем выставки можно ознакомиться, перейдя по QR-коду

В Политехническом музее Москвы начала работу совместная с РНФ выставка «Фундамент будущего». Проект рассказывает об исследованиях современных российских ученых и о том, как они связаны с наследием прошлого. Повествование ведется от лица 12 героев, которые представляют разные области науки — биологию, химию, физику, медицину, информационные технологии и другие. Благодаря этому научные подробности приобретают человеческие черты, становятся понятнее и ближе широкой аудитории. Выставка будет доступна для посещения до 30 октября 2022 года. Кроме того, посетители могут более подробно узнать об исследованиях ученых и об экспонатах, а также посмотреть фотогалерею в цифровом слое экспозиции.

СЕНТЯБРЬ

РНФ ВЫХОДИТ НА НОВЫЕ ПЛОЩАДКИ В СОЦИАЛЬНЫХ СЕТЯХ

Российский научный фонд расширяет свое присутствие в социальных сетях и выходит на новые площадки: платформу Яндекс.Дзен и «Одноклассники». Присоединяйтесь и следите за самыми интересными и важными новостями!



Канал Российского научного фонда
на Яндекс.Дзен



Группа Российского научного фонда
на «Одноклассниках»



ИН ТЕР ВЬЮ



Болейте за свое дело. Хорошо выполняйте свою работу. Не упускайте возможностей.



ИРИНА ИСАКОВА-СИВАК

Заведующая лабораторией иммунологии и профилактики вирусных инфекций отдела вирусологии имени А. А. Смородинцева, доктор биологических наук

Коронавирус SARS-CoV-2 с 2020 года унес более шести миллионов человеческих жизней. Для борьбы с ним ученые в кратчайшие сроки разработали целый ряд вакцин. Большинство из них содержит участок шиповидного (S) белка вируса, на который реагируют антитела — защитные молекулы, вырабатываемые в ответ на инфекцию. Однако шиповидный белок в качестве мишени для антител оказался не очень удобен, поскольку у разных штаммов коронавируса он неодинаков, и иммунитет может попросту «не узнать» вирус. Помимо антител существует другой важный компонент иммунитета — Т-клетки. Научная группа под руководством доктора биологических наук Ирины Исаковой-Сивак при поддержке Российского научного фонда разрабатывает комбинированную вакцину от гриппа и коронавируса, которая активизирует Т-клеточный иммунитет.

Ирина Николаевна, область ваших научных интересов — вакцины. Почему вы выбрали именно это направление?

В школе мне хорошо давались точные науки, при этом мне всегда нравилось изучать что-то, что касается непосредственно

жизни, что можно потрогать, оценить эффекты. Поэтому я поступила на кафедру биофизики Санкт-Петербургского политехнического университета — там можно было совместить биологию и физику, применять физические методы для изучения биологических процессов.



▲
Лабораторные исследования.
Источник: Ирина Исакова-Сивак

Эта кафедра всегда славилась высоким уровнем образования, обучение было очень интересным. На третьем курсе нас распределяли по научным лабораториям, и мне предложили отдел вирусологии. Меня это очень заинтересовало, потому что вирусы всегда привлекают внимание — это общая, понятная всем проблема. В отделе вирусологии я попала к профессору Ларисе Георгиевне Руденко. Тогда, в 2001 году, в вирусологии происходил качественный скачок в проведении исследований: если раньше использовались классические методы, которые применялись еще с 1950-х годов, то в начале 2000-х годов стали внедрять молекулярные методы. И тут очень пригодились мои знания, вынесенные с кафедры биофизики: у нас был уклон в молекулярную генетику, геномную инженерию, биофизические исследования. Можно сказать, что я попала в нужное время и в нужное место.

Расскажите о ваших исследованиях в рамках грантов Российского научного фонда. Вы начали работу по ним еще в 2014 году как исполнитель, а сейчас руководите уже вторым проектом. Как вы прошли такой путь?

Наверно, все началось с моей научной командировки в США — я работала там с 2007 по 2009 год над большим международным проектом в Центрах по контролю и профилактике заболеваний, в Атланте. Мне, вчерашнему аспиранту, выдали такой кредит доверия! Именно там я освоила много новых методов работы с вирусами.

ЕСЛИ РАНЬШЕ ИСПОЛЬЗОВАЛИСЬ КЛАССИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ, КОТОРЫЕ ПРИМЕНЯЛИСЬ ЕЩЕ С 1950-Х ГОДОВ, ТО В НАЧАЛЕ 2000-Х ГОДОВ СТАЛИ ВНЕДРЯТЬ МОЛЕКУЛЯРНЫЕ МЕТОДЫ.

Мы создавали вакцину против высокопатогенного вируса H5N1, птичьего гриппа. Получить вакцину против него с помощью классических методов невозможно, потому что нужно удалить кусочек гена — фактор патогенности. Сделать это можно только с помощью геномной инженерии. Мы выполнили эту работу, и, когда я вернулась, внедряла полученный там научный задел уже у себя в институте.

ПЕРВЫЙ ГРАНТ МЫ ПОЛУЧИЛИ НА СОЗДАНИЕ УНИВЕРСАЛЬНОЙ ВАКЦИНЫ ОТ ГРИППА — ТАКОЙ ВАКЦИНЫ, КОТОРАЯ БЫЛА БЫ ЭФФЕКТИВНА ПРОТИВ РАЗНЫХ ШТАММОВ ГРИППА.

К 2014 году, когда Российский научный фонд открыл свои программы финансирования, у нас было уже очень много идей того, как можно использовать эти

молекулярно-генетические методы. Первый грант мы получили на создание универсальной вакцины от гриппа — такой вакцины, которая была бы эффективна против разных штаммов гриппа. Чтобы не нужно было ее менять, прививаться каждый год. Я считаю, мы очень удачно работали в течение трех лет, затем получили продление еще на два года.

К 2017 году я стала заведовать лабораторией, у меня появился свой коллектив молодых исследователей. И когда РНФ в 2017 году открыл Президентскую программу поддержки молодых ученых, у нас появилась идея расширить работу и создавать уже комбинированные вакцины: против гриппа и других инфекций. На тот момент это были аденовирусы, респираторно-синцитиальные вирусы, метапневмовирусы — то есть те, что вызывают известные всем ОРЗ, острые респираторные заболевания.





Нашу заявку также поддержали (это была программа «Проведение исследований научными группами под руководством молодых ученых»), мы очень продуктивно работали в течение трех лет. В 2020 году мы не стали подавать заявку на продление

В 2020 ГОДУ ПРИШЕЛ COVID, И НАШИ НАРАБОТКИ ОКАЗАЛИСЬ ОЧЕНЬ АКТУАЛЬНЫМИ ДЛЯ НОВОГО ПРОЕКТА.

гранта, потому что пришел COVID, и наши наработки оказались очень актуальными для нового проекта. Чтобы разработать комбинированную вакцину от гриппа и коронавируса, мы подали заявку на грант уже по другому направлению — «Проведение исследований научными лабораториями мирового уровня».

Расскажите про эту вакцину подробнее. Обычно в вакцинах от гриппа несколько штаммов вируса, и они каждый год меняются. Как эта проблема решена у вас?

Достаточно просто. Как вы сказали, есть разные вакцины от гриппа: трехвалентные, четырехвалентные (это значит, что они защищают от трех или четырех штаммов гриппа). Но на производстве фармацевтические субстанции просто смешивают в одном флаконе — два вида гриппа А и один или два вида гриппа В. Наша вакцина трехвалентная, мы используем ослабленный вирус гриппа, который применяется при создании отечественной живой гриппозной вакцины. Один из компонентов — вирус гриппа А — модифицирован, в него встроен коронавирусный фрагмент. Второй компонент — другой вирус гриппа А — может быть или обычным,

или тоже модифицированным (нам ничто не мешает делать двойные комбинации). Потом все это объединяется, и получается сезонная вакцина, которая защищает как от разных штаммов гриппа, так и от коронавируса. Мы используем тот же самый вирус гриппа, что и в обычных вакцинах. Он точно так же растет, очищается, просто внутри его генома закодированы дополнительные эпитопы* коронавируса.

S-белок коронавируса стал фрагментом-антигеном для многих вакцин, но у новых штаммов коронавируса он может сильно отличаться от «образца» из-за мутаций, поэтому иммунитет иногда не распознает его. Какой белок — или, может быть, белки — коронавируса вы встроили в вирус гриппа, чтобы обойти эту проблему?

Вообще в вакцины можно встраивать разные фрагменты: это могут быть кусочки нуклеокапсидного белка или, например, спайк-белка. От антител, которые содержатся в спайк-направленных вакцинах, вирус действительно уходит — у него такая природа. Чтобы размножиться, он должен войти в клетку, а антитела ему мешают. Поэтому он будет меняться, чтобы уйти от них.

В БУДУЩЕМ НАМ ПРИДЕТСЯ ОБНОВЛЯТЬ В ЭТОЙ ВАКЦИНЕ ТОЛЬКО ВИРУСЫ ГРИППА, ПОТОМУ ЧТО ГРИПП МЕНЯЕТСЯ, А КОРОНАВИРУСНАЯ «ВСТАВКА» БУДЕТ ОСТАВАТЬСЯ ПРЕЖНЕЙ.

Наша вакцина вызывает Т-клеточный иммунитет, он принципиально другой. Он не нейтрализует вирус, а убивает зараженную клетку. Соответственно, вирус «не понимает», что ему нужно поменять, чтобы клетку потом не убили. Так что мы встраиваем куски, которые содержат Т-клеточные эпитопы — то есть белки, вызывающие реакцию иммунных Т-клеток. Они обладают еще одним важным свойством — консервативностью. Это значит, что они одинаковые у всех вариантов коронавируса: что у уханьского штамма, что у «дельты», что у «омикрона». Когда мы начинали разработку, мы брали участки белков, характерные еще для первых китайских SARS-вирусов 2003–2004 годов. Так что в будущем нам придется обновлять в этой вакцине только вирусы гриппа, потому что грипп меняется, а коронавирусная «вставка» будет оставаться прежней. Это большой плюс нашей вакцины, потому что остальные препараты уже устаревают — тот же «Спутник» и другие спайк-направленные вакцины сейчас обновляются.

А нет ли проблемы в том, что Т-клеточный иммунитет сложнее оценить и измерить?

В случае с людьми такой проблемы нет — есть соответствующие технологии, антитела к Т-клеткам, которые позволяют оценивать этот иммунитет стандартными методами. Мы это делали еще тогда, когда работали над вакциной от птичьего гриппа. Зато есть другая проблема — мы не можем оценить Т-клеточный ответ у животных. В случае со стандартными спайк-вакцинами все гораздо проще: антитела — это просто белки,

* Эпитопы — участки внутренних белков коронавируса, которые распознаются Т-клетками человека. — Прим. ред.

которые вырабатываются как у людей, так и у животных. А Т-клетки — совсем другая история.

На поверхности клеток много разнообразных белков, в том числе и тех, которые играют роль своеобразных «пропусков», — они называются комплексы гистосовместимости. В свои «пропуски» иммунные Т-клетки встраивают фрагменты патогена, с которым встретились, и в совокупности такая конструкция называется Т-клеточным эпитопом.

Этот комплекс у человека и животных будет совершенно разным, даже если патоген — в нашем случае коронавирус — один и тот же. Наша вакцина содержит человеческие эпитопы, и мы точно знаем, что это работает, потому что разными

группами ученых были выявлены соответствующие Т-клетки у людей, которые были инфицированы. Но на мышах та же самая конструкция работать не будет. В начале

НАША ВАКЦИНА СОДЕРЖИТ ЧЕЛОВЕЧЕСКИЕ ЭПИТОПЫ, И МЫ ТОЧНО ЗНАЕМ, ЧТО ЭТО РАБОТАЕТ.

мы думали, что эту проблему можно решить экспериментами над гуманизированными мышами — то есть грызунами, в геном которых встроены белки человека. Но не получилось: у мышей остаются и свои комплексы гистосовместимости, которые полностью подавляют человеческий, давая очень мощный ответ на вирус гриппа.



▲ В лаборатории.
Источник: Ирина
Исакова-Сивак

Так мы поняли, что нашу вакцину на этой модели животных изучить невозможно. Поэтому мы исследовали ее *in vitro*, заражая культуру клеток переболевших людей. Мы доказали, что заражение

ВСЕ УКАЗЫВАЕТ НА ТО, ЧТО НАША ВАКЦИНА ДОЛЖНА РАБОТАТЬ, НО ДОКАЗАТЬ МЫ ЭТО СМОЖЕМ ТОЛЬКО ПОСЛЕ КЛИНИЧЕСКИХ ИСПЫТАНИЙ.

химерным вирусом приводит к активации Т-клеток у переболевших людей, а это говорит о том, что вирус гриппа правильно выполнил свою работу — доставил белки коронавируса, они активировали вирус-специфические Т-клетки. Все указывает на то, что наша вакцина должна работать, но доказать мы это сможем только после клинических испытаний.

Сможете ли вы провести их, не используя животных? Ведь обычно препараты испытываются сначала на них, и только потом на человеке.

В случае с доклиническими испытаниями главное — доказать, что вакцина безопасна. Это сделать можно: мы уже провели опыты на хомяках и на хорьках, в этом году планируем провести эксперимент на обезьянах. В следующем году хотим выйти на клинические испытания. Мы не видим препятствий, потому что сама живая гриппозная вакцина была лицензирована еще в Советском Союзе в 1987 году, опыт ее применения и изучения огромен.

Наверно, основное препятствие в нашей ситуации — это опасения и недоверие людей. Многие боятся живого вируса, того, что он будет мутировать. Эти страхи необоснованы — похожая живая вакцина применяется в США и Европе уже много лет, сейчас нашу вакцину производят и применяют в Китае. Не было ни единого случая, когда вирус гриппа в ней стал бы вирулентным. Опыт ее применения гораздо больше, чем аденовирусных вакцин, — они вообще никогда не изучались, но их же разрешили применять против коронавируса.

Как вы оцениваете, сколько времени могут занять испытания и когда вакцина может выйти на рынок?

Это вопрос достаточно сложный, потому что клинические испытания очень дорогие, и даже финансирования от РНФ может быть недостаточно. По плану мы хотим к концу следующего года закончить клинические испытания, и в зависимости от результатов можно ожидать лицензирования.

А почему вы выбрали именно назальную форму вакцины? Она ведь тоже может вызывать недоверие людей: когда делают укол в руку, сразу понятно, что ввели вакцину. А спрей в нос кажется чем-то несерьезным.

Да, вы правы. Самое интересное, что живая гриппозная вакцина 1987 года в принципе

интраназальная. Такая форма, во-первых, проще для введения, особенно детям — ребенка проще уговорить на спрей в нос, чем на укол. Родителям тоже так спокойнее. Во-вторых, такая вакцина формирует иммунитет в верхних дыхательных путях, на слизистой оболочке. Там образуются так называемые IgA-антитела, которые «встречают» вирус «на входе», — это более эффективный способ защиты, чем внутримышечное введение.

Также в ходе нашей работы по гранту 2017 года мы доказали, что назальная вакцинация химерными вакцинами, которые несут Т-клеточные эпитопы, формирует иммунитет в тканях легких. Т-клетки «сидят» в легких, и, как только вирус доходит до легких, его там сразу нейтрализуют. Это самый эффективный способ борьбы с инфекцией.



А вы можете оценить, сколько сохраняется такой иммунитет?

Пока, к сожалению, нет. Но мы знаем, например, что у китайцев, которые переболели обычным вирусом SARS, находили Т-клетки спустя 15-16 лет после болезни.

ВОЗМОЖНОСТИ, КОТОРЫЕ ПРЕДОСТАВЛЯЕТ РОССИЙСКИЙ НАУЧНЫЙ ФОНД, — ДЛЯ НАС ОЧЕНЬ БОЛЬШОЕ ПОДСПОРЬЕ.

Вопрос в том, как эти клетки сформировались — у тех людей они появились в результате болезни, а у нас они будут образовываться после вакцинации.

Не могли бы вы дать молодым ученым совет — как строить свою научную карьеру? Как добиваться успехов?

Я могу дать молодым ученым три совета. Во-первых, бойтесь за свое дело — всегда будьте в курсе, над чем сейчас работают в мире. Во-вторых, хорошо выполняйте свою работу — если взялись за что-то, доведите до конца. И третье — не упускайте возможностей. Общайтесь с коллегами, принимайте участие в разных проектах, ищите новые знания, публикуйтесь, продвигайте свои проекты.

Мы, например, очень активно пользуемся возможностями, которые предоставляет Российский научный фонд, — это для нас очень большое подспорье. Наш отдел небольшой, но публикуемся мы активнее, чем некоторые более крупные подразделения. Я считаю, что в этом тоже есть заслуга РНФ — работа по грантам стимулирует публикационную активность.



**РНФ
способствует
тому, что
молодые
ученые
остаются
в науке.**



АЛЕКСАНДР ОСАДЧИЕВ

доктор физико-математических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории взаимодействия океана с водами суши и антропогенных процессов Института океанологии имени П. П. Ширшова РАН

РЕЧНЫЕ ПЛЮМЫ ЧЕРНОГО МОРЯ

Мировой океан – удивительная и притягательная среда, которую человечество изучает на протяжении сотен лет. Ученые исследуют различные аспекты взаимодействия океана и суши. Ключевым связующим звеном здесь выступают реки. С речными стоками в море поступают растворенные и взвешенные вещества материкового происхождения, в том числе продукты антропогенного загрязнения, негативно влияющие на экосистемы. Узнав глубже процессы распространения речного стока в прибрежной зоне, можно минимизировать ущерб, наносимый человеком природе. Одним из основных центров изучения распространения речного стока в море в России является Институт океанологии. Группа ученых из этого института на протяжении многих лет исследует речные плюмы Черного моря, успешно применяя в своей работе современные технологии.

Александр, для чего океанологу изучать реки?

Океанолог в своей работе ориентируется прежде всего на море. Однако у моря есть границы, где происходят зачастую более сложные и интересные явления, нежели в толще вод. Поэтому люди уже давно

исследуют морское дно, процессы на границе океана и атмосферы. Также ученые изучают берега и приустьевые зоны — места, где реки впадают в море и перемешиваются с соленой водой. В этой зоне происходит активное взаимодействие между речной и морской водой — очень интенсивный и интересный процесс.



В результате смешения на поверхности моря образуется тонкий опресненный слой воды — речной плюм.

Исследовать речные стоки в море и речные плюмы важно, поскольку это транзитная зона огромного потока вещества с суши в Мировой океан. Помимо частиц почвы реки переносят большое количество бытовых и промышленных загрязнений — нефтепродуктов, пестицидов, тяжелых металлов, пластикового мусора. Поняв динамику речных плюмов, можно понять закономерности распространения загрязнений в море. Кроме того, материковый сток влияет на гидрофизическую структуру и динамические процессы в прибрежных водах, поэтому исследования речных плюмов важны для понимания многих физических, биологических и геохимических процессов в приустьевых и прибрежных зонах моря.

Как переводится термин «плюм»?

Слово произошло от французского *plume* — «перо». В русском языке понятие «речной плюм» ввел в обиход член-корреспондент РАН Петр Олегович Завьялов. Вообще слово «плюм» давно и широко используется в науках о Земле. Так называют поток жидкости или газа, распространяющийся через жидкость или газ, имеющий другую плотность. Наверняка многие видели, как из промышленных труб поднимается дым, — это газовый плюм. В геологии широко используется термин «мантийный плюм». Океанологи стали использовать такой же термин по аналогии. Правда, не всем это понравилось.

**ПОНЯВ ДИНАМИКУ
РЕЧНЫХ ПЛЮМОВ, МОЖНО
ПОНЯТЬ ЗАКОНОМЕРНОСТИ
РАСПРОСТРАНЕНИЯ
ЗАГРЯЗНЕНИЙ В МОРЕ.**

До сих пор я периодически слышу от коллег: «Почему вы нашу приустьевую зону смешения называете речным плюмом?» или «Это не плюм, а вынос/факел/шлейф/линза» и так далее. Впрочем, в последнее время возражений все меньше: видимо, люди уже привыкли к тому, что объект носит такое название.

Как давно ученые занимаются речными плюмами?

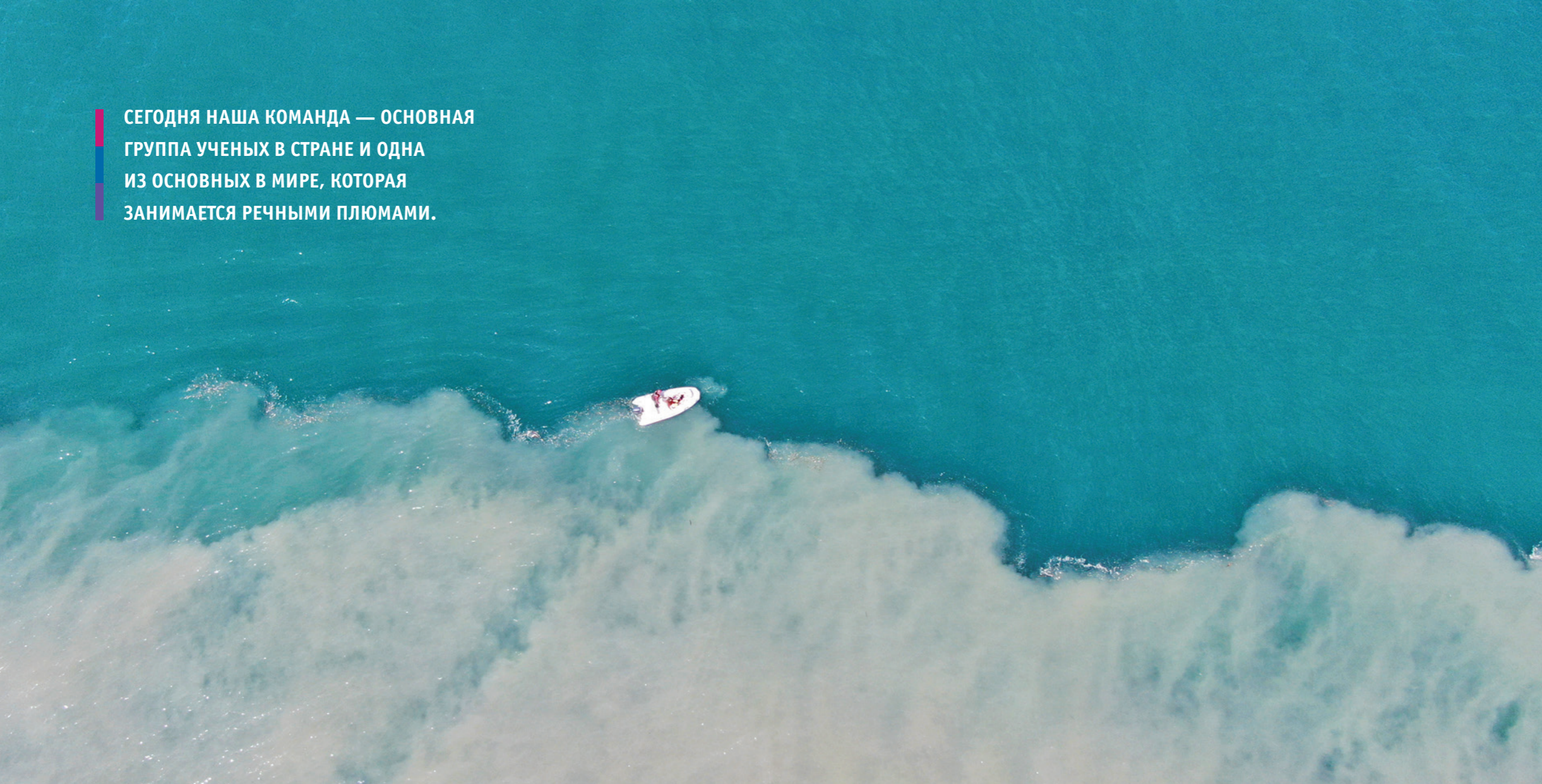
Еще пещерные люди могли наблюдать, как речная вода перемешивается с морской и образуются речные плюмы. Но наука обратила внимание на плюм как на отдельную структуру не так давно: первые специализированные статьи

вышли в 1970-е годы, а активное изучение плюмов началось только на рубеже 1990–2000-х годов. В этот период большое количество исследований было посвящено плюму реки Колумбия на тихоокеанском побережье США, по итогам было написано много фундаментальных работ. Сегодня много внимания ученые уделяют плюмам крупных рек — Амазонки, Миссисипи, Янцзы, Хуанхэ. Если говорить про Россию, то это крупнейшие сибирские реки Лена, Обь и Енисей, которые формируют очень большие по площади речные плюмы. Наиболее же полно среди наших речных плюмов изучен плюм Мзымты в районе Сочи — здесь мы проработали более десяти лет.

Плюм реки Кодор в Абхазии.
Источник: Александр Осадчиев



СЕГОДНЯ НАША КОМАНДА — ОСНОВНАЯ
ГРУППА УЧЕНЫХ В СТРАНЕ И ОДНА
ИЗ ОСНОВНЫХ В МИРЕ, КОТОРАЯ
ЗАНИМАЕТСЯ РЕЧНЫМИ ПЛЮМАМИ.



▲
Измерения на границе между
плюмом и морскими водами.
Источник: Александр Осадчиев

Мне нравится, что тематика плюмов не привязана к конкретному региону. Рек в мире огромное количество. Большие и маленькие, они могут быть легкодоступными — как на побережье Черного моря, так и очень отдаленными — как в Арктике. Поэтому можно организовать несколько человек сроком на неделю для экспедиции на маленьком плюме, а можно собрать 50 человек и за месяц измерить большой плюм в Арктике. И то, и другое при правильном подходе даст хороший научный результат и публикации, станет вкладом в копилку научных знаний. Я начал изучать речные плюмы в 2009 году, когда пришел в Институт океанологии. Тогда эта тема в России была малоисследованной. Сегодня наша команда — основная

группа ученых в стране и одна из основных в мире, которая занимается речными плюмами.

С чего вы начинали?

Моим первым объектом изучения стал плюм реки Мзымты, которая впадает в Черном море в Адлере — самом южном районе города Сочи. В тот период Россия получила право проводить зимнюю Олимпиаду, и вскоре в этих местах началась большая стройка. Мзымты протекает мимо всех ключевых объектов Игр — от горнолыжных трасс в Красной Поляне в верховьях Мзымты, мимо аэропорта Сочи и к стадионам на берегу Черного моря.



Я проводил измерения на Мзымте каждый год, иногда по несколько раз, и видел, как месяц за месяцем меняется прибрежный район города, строятся стадионы и новые дома, возводятся очистные сооружения на реке. Параллельно рос и мой научный уровень, получались хорошие результаты — после нескольких лет работ на плюме Мзымты я защитил кандидатскую диссертацию. Потом появилась идея расширить исследования на все черноморское побережье России. Из этого и родился проект, выполняемый при поддержке РФФ.

Плюм Мзымты еще в 2011 году натолкнул меня на идею одной очень интересной работы, которую спустя десять лет мы выполнили в рамках проекта РФФ. Приустьевую зону Мзымты хорошо видно из самолета, идущего на посадку в аэропорт Сочи. Река несет с собой частицы земли, поэтому вода в ней коричневая. Это мутное пятно отчетливо выделяется на фоне прозрачной морской воды. Во время полетов в Сочи я всегда старался сесть к иллюминатору, чтобы посмотреть на плюм сверху. Много раз я думал о том, как хорошо с высоты видно все детали плюма, но, к сожалению, очень недолго. С берега или с палубы небольшого научного судна плюм можно наблюдать продолжительное время, но под таким углом общая картина почти не видна.

Большая сложность интерпретации измерений, выполняемых с судна, заключается в том, что плюм постоянно находится в движении под воздействием ветра. Начинаешь измерения утром, заканчиваешь вечером, а за это время плюм успевает несколько раз изменить свое положение, форму и размер. Глядя на полученные данные, ты не понимаешь, что произошло, то есть картина не складывается. Думая о том, как бы мне

понаблюдать за плюмом сверху подольше, я пришел к идее использовать квадрокоптер. Вернее, сначала была мысль «повесить» камеру над плюмом с помощью воздушного змея или небольшого аэростата, но позже пришел к выводу, что это по многим причинам неудобно. В итоге идею удалось реализовать с помощью квадрокоптеров, что стало большим подспорьем и серьезным толчком в исследовательской работе.

Александр, к квадрокоптерам мы еще вернемся. Расскажите, пожалуйста, подробнее о вашем проекте.

Наше исследование, поддержанное грантом Российского научного фонда, было призвано изучить, как материковый сток

влияет на прибрежные процессы и качество вод Черного моря. Хочу уточнить, что мы изучаем именно российский сектор, то есть северо-восточную часть побережья. Черное море очень важно для страны: здесь живет много людей, находятся большие курорты, ведется активная рекреационная и хозяйственная деятельность.

В акваторию моря впадает много десятков рек с территории России. Еще один важный компонент — сток Дона и Кубани, который через Азовское море и Керченский пролив уже в значительно перемешанном и трансформированном состоянии поступает в российский сектор. Перед нами стояло множество вопросов, на которые следовало дать ответы: как формируется

Подготовка подводного аппарата для измерений в речном плюме. Источник: Александр Осадчиев



ИССЛЕДОВАНИЯ ПЛЮМА ДАЮТ ВОЗМОЖНОСТЬ ПРОГНОЗИРОВАТЬ РАСПРОСТРАНЕНИЕ ЗАГРЯЗНЕНИЙ, ОПИСЫВАТЬ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКУЮ ОБСТАНОВКУ В РЕГИОНЕ ВО ВРЕМЯ ПОВОДОДЬЯ ИЛИ МЕЖЕНИ.

речной плюм, как он перемешивается, как происходит перенос терригенной взвеси и загрязнений из плюма в море, что происходит во время половодья и дождевых паводков. За пять лет группа института проделала большую работу по разным направлениям, и в итоге нам удалось существенно улучшить понимание того, что происходит с речным стоком на нашем черноморском побережье.

Результаты имеют прикладное значение или это, скорее, вклад в фундаментальную науку?

В первую очередь, в ходе проекта были получены важные фундаментальные результаты — фактически нам удалось классифицировать и описать процессы, которые происходят в малых речных плюмах. До недавнего времени они были плохо изучены, поскольку исследователи, как правило, занимаются большими реками. Да, отдельно взятый малый речной плюм не влияет на региональные процессы, область его непосредственного воздействия невелика. Однако суммарный сток большого количества малых рек уже существенно воздействует на море во многих прибрежных регионах, в частности в российском секторе Черного моря.

Исследуя приустьевые зоны в северо-западной части моря, мы получили принципиальное представление о том, как формируется малый речной плюм, как он распространяется, как реагирует на ветер и колебания речного стока. Мы обнаружили не описанные ранее механизмы перемешивания вод плюма и моря. Аналогично мы исследовали распространение опресненных вод из Азовского моря в Черное море через Керченский пролив. Полученные данные дадут возможность прогнозировать распространение загрязнений, описывать гидрометеорологическую обстановку в регионе во время половодья или межени. Например, мы можем моделировать специфические вещи — рассчитать, как быстро загрязнение из реки Дон попадет в Черное море. Таким образом, фундаментальные знания могут стать хорошим практическим инструментом для предотвращения



▲
Внутренние волны,
генерируемые речным плюмом.
Источник: Александр Осадчиев

и ликвидации последствий антропогенных загрязнений.

Этот инструмент востребован?

К сожалению, пока прямая связь с региональными специалистами не выстроена. Надеюсь, в будущем такое взаимодействие будет налажено. Дело ученых — изучать и создавать публикации, обнародовать свои результаты. Впрочем, наша сфера небольшая, здесь все друг друга знают, так что очень надеюсь, что рано или поздно наши результаты и инструменты найдут своего адресата. Есть попытки, в том числе со стороны РФ, преодолеть этот разрыв

между теорией и практикой. Мы тоже готовы двигаться в нужном направлении, в частности, популяризируя достижения науки.

В таком случае предлагаю красочно рассказать о том, как вы использовали квадрокоптер для изучения плюмов. Помните день, когда впервые провели съемку?

Конечно! Это было 1 сентября 2018 года. Мы работали на плюме реки Кодор в Абхазии. В этот день случился переворот в нашем понимании того, как ведет себя речной плюм. За два дня аэрофотосъемки

мы увидели столько новых эффектов! Потом фактически ушло несколько лет, чтобы эти процессы полноценно изучить и описать в следующих экспедициях. Сначала мы разглядывали разные области плюмов по 15–20 минут, пока позволял заряд аккумулятора, но вскоре нам захотелось наблюдать за плюмом непрерывно несколько часов подряд, чтобы увидеть его общую динамику.

Все исследователи плюмов знают, что ветер — это ключевой фактор, определяющий движение поверхностного слоя. Подует западный ветер — и пресная вода распространяется в этом направлении, подует с востока — плюм тут же перестраивается. Написаны десятки и сотни работ, аналитически или численно моделирующих этот процесс. Тем не менее, ученые все равно не могли измерить процесс и фактически не знали, как именно он происходит в природе, в реальности. Все дело в том, что до недавнего времени не было доступных методов для измерения скорости движения плюма как единой водной массы. Точечные и разрозненные измерения солености или скорости течения в поверхностном слое не дают необ-

десятков сантиметров в секунду. Как я говорил выше, с борта судна мы не могли видеть этого процесса. Да, в нашем распоряжении есть спутниковые снимки, где все детально видно, но эти изображения «разовые», поскольку спутник постоянно движется и фотографирует наш регион в лучшем случае раз в день.

Осенью 2021 года мы придумали и реализовали следующую идею: с помощью квадрокоптеров в течение нескольких дней, с рассвета до заката, мы проводили непрерывную аэрофотосъемку плюма абхазской реки Бзыбь. Квадрокоптер поднимался на заданную высоту с фиксированной точки и снимал плюм целиком. Когда у дрона садился заряд, мы его опускали, меняли аккумуляторы и снова запускали аппарат с той же точки, то есть ракурс оставался неизменным. Наблюдения шли три дня. Одновременно мы измеряли ветер, соленость воды и скорость течения в плюме и море для верификации данных аэрофотосъемки.

В результате группа получила 12-часовые непрерывные записи движения плюма и стала первой, кто непосредственно измерил отклик плюма на ветровое воздействие. Нам удалось восстановить скорость движения внешней границы плюма с высоким пространственным разрешением — единицы метров, и с точностью до минуты. Выяснилось, что внешняя граница плюма движется примерно в 20 раз медленнее, чем дует ветер, а реагирует на его изменение очень оперативно, в течение 10–20 минут. До этого момента десятки лет ученые численно моделировали поведение плюмов — мы же смогли наблюдать и измерить процессы, которые раньше никто не видел.

ДО ЭТОГО МОМЕНТА ДЕСЯТКИ ЛЕТ УЧЕНЫЕ ЧИСЛЕННО МОДЕЛИРОВАЛИ ПОВЕДЕНИЕ ПЛЮМОВ — МЫ ЖЕ СМОГЛИ НАБЛЮДАТЬ И ИЗМЕРИТЬ ПРОЦЕССЫ, КОТОРЫЕ РАНЬШЕ НИКТО НЕ ВИДЕЛ.

ходимого объема информации — на плюм надо смотреть целиком. Особенно это касается маленьких плюмов, которые могут смещаться на глазах, со скоростью

Данные моделирования и натуральных измерений совпали?

К численным моделям есть много вопросов. Безусловно, общие процессы они воспроизводят правильно, но движение плюма под воздействием ветра описывают не точно. Сложность в том, что модели надо все время верифицировать, а для этого использовать большой массив натуральных данных. То есть должна быть связка между теми, кто создает модели, и теми, кто занимается натурными измерениями. К сожалению, такое взаимодействие налажено не везде. Мы же в своих проектах и в своей научной группе стараемся эту связь поддерживать и развивать.

ХОТЯ ЧЕРНОЕ МОРЕ В РОССИЙСКОМ СЕКТОРЕ ИСПЫТЫВАЕТ СЕРЬЕЗНОЕ АНТРОПОГЕННОЕ ВОЗДЕЙСТВИЕ, В ОСНОВНОМ ЭТО БЫТОВОЕ ЗАГРЯЗНЕНИЕ. ЗА ТРИНАДЦАТЬ ЛЕТ РАБОТЫ МЫ НЕ СТАЛКИВАЛИСЬ С ЧЕМ-ТО КРИТИЧНЫМ.

В работе мы используем как готовые численные модели, так и создаем свои. Полноценные численные модели, которые воспроизводят общую циркуляцию океанов и морей, создают большие научные группы в течение многих лет. Ими пользуется весь мир, и наша группа — не исключение. Не претендуя на всеохватность, мы пошли по следующему пути: моделируем конкретный процесс, изученный в экспедициях, а затем встраиваем свой

элемент в общую модель, и это дает хороший эффект.

Что несут десятки рек в Черное море? Можно ли в нем купаться без опаски за здоровье?

С речными стоками в море попадает различный плавучий мусор, а также взвешенные и растворенные вещества, которые могут быть источниками загрязнений. В целом состав загрязнений зависит от того, что происходит на водосборе. Если это домохозяйства — то видим бытовое загрязнение, если на водосборе реки стоит промышленное предприятие — получаем более широкий спектр веществ. И хотя Черное море в российском секторе испытывает серьезное антропогенное воздействие, в основном это бытовое загрязнение. За тринадцать лет работы мы не сталкивались с чем-то критичным. Так что воды у нашего побережья относительно чистые, и я спокойно купаюсь во время экспедиций. Единственное — не стоит плавать около мест впадения рек в море, все-таки вода в плюмах холодная и мутная. К слову, в приустьевых зонах плюмов из-за смешения пресной и соленой воды ходят косяки рыб, так что нашими постоянными спутниками в экспедициях становятся дельфины. Во время аэрофотосъемки отлично видно, как они охотятся, подныривают под плюм, играют. Смотрится красиво!

А как реагируют курортники на ученых с оборудованием?

Отдыхающим интересно, чем мы занимаемся. Видно, что у людей уважительное отношение к науке.



▲ На борту судна в первой экспедиции в 2018 году. Источник: Александр Осадчиев

Ваш проект завершается в 2022 году. Что он вам дал?

В ходе многолетней совместной работы у нас сложилась полноценная команда, в которую вошли десять человек. В группе у каждого свои обязанности: один моделирует, другой отвечает за натурные измерения, третий анализирует спутниковые наблюдения. В основном мы занимаемся гидрофизикой, но мы также проделали важные работы по гидрохимии, была даже попытка выполнить гидробиологические исследования. Такой плодотворный синтез обернулся отличными достижениями: мы заняли определенную нишу в мировой науке, получили значимые результаты,

выпустили множество статей, нас цитируют. В частности, за эти пять лет по количеству публикаций мы перекрыли нормативы РНФ в полтора раза. Проект сделан на славу.

Большую поддержку нашему проекту оказал Российский научный фонд. Благодаря гранту мы стабильно и уверенно работали все пять лет: закупили оборудование, платили зарплату и снаряжали экспедиции. РНФ способствует тому, что молодые ученые остаются в науке. Мне нравится, как здесь выстроена политика рецензирования проектов, организован процесс подачи заявок и отчетов. Российский научный фонд вбирает лучшие мировые

ОЩУЩЕНИЕ ПЕРВООТКРЫВАТЕЛЯ ВОЗНИКАЕТ ВСЯКИЙ РАЗ, КОГДА УДАЕТСЯ УВИДЕТЬ НОВЫЕ ПРОЦЕССЫ, ОПИСАТЬ ИХ И ОБЪЯСНИТЬ



практики, и это очень здорово. Когда листаешь на сайте список проектов победителей очередного конкурса — а в основных конкурсах их сотни в самых разных областях, — то испытываешь гордость от того, что достижения отечественной науки такие разнообразные. Ученые не стоят на месте, и РФ поддерживает это движение вперед.

Александр, проект завершен — что дальше? Продолжите изучать Черное море или отправитесь в другой регион?

Мне очень нравится работать на Черном море, но в последние годы я также

стал очень активно работать в Арктике. У черноморских и арктических плюмов есть общие черты, но есть и региональная специфика: в Арктике совсем другая конфигурация процессов и явлений.

В ВЕЛИКОМ МНОГООБРАЗИИ РЕЧНЫХ ПЛЮМОВ И ЗАКЛЮЧАЕТСЯ ИХ ГЛАВНАЯ ПРЕЛЕСТЬ. В ЭТОЙ СФЕРЕ ДО СИХ ПОР ЕСТЬ МНОГО НЕИЗУЧЕННОГО.

Я уже лет пять занимаюсь исследованиями плюмов Оби, Енисея, Лены, Хатанги, Колымы, Индигирки — мощных сибирских рек с огромными эстуариями и дельтами.

Исследовательская команда в последней экспедиции в 2022 году. Источник: Александр Осадчиев



Северные речные плюмы мало изучены из-за короткого сезона навигации и, соответственно, экспедиционных измерений. До сих пор непонятны принципиальные моменты их структуры и циркуляции, многие вопросы остаются открытыми. Как и в случае с малыми речными плюмами, в Арктике есть большой разрыв между численным моделированием больших зон опреснения и натурными измерениями.

В заключение хочу сказать, что в великом многообразии речных плюмов и заключается их главная прелесть. В этой сфере до сих пор есть много неизученного. Конечно, наши открытия смотрятся мелко вато по сравнению с достижениями эпохи Великих географических открытий. Тем не менее, ощущение первооткрывателя возникает всякий раз, когда удастся увидеть новые процессы, описать их и объяснить. Этим и хороша наука.



СПЕЦ ПРО ЕКТ

ХРАНИТЕЛИ КУЛЬТУРНОГО НАСЛЕДИЯ

Третья часть специального проекта РНФ «Хранители культурного наследия» посвящена тому, как цифровые технологии помогают российским ученым проводить исследования в сфере языкознания. Благодаря новым инструментам можно читать тексты XII века, создавать уникальные электронные ресурсы, легко ориентироваться в объемных исторических документах и удаленно анализировать базы данных.

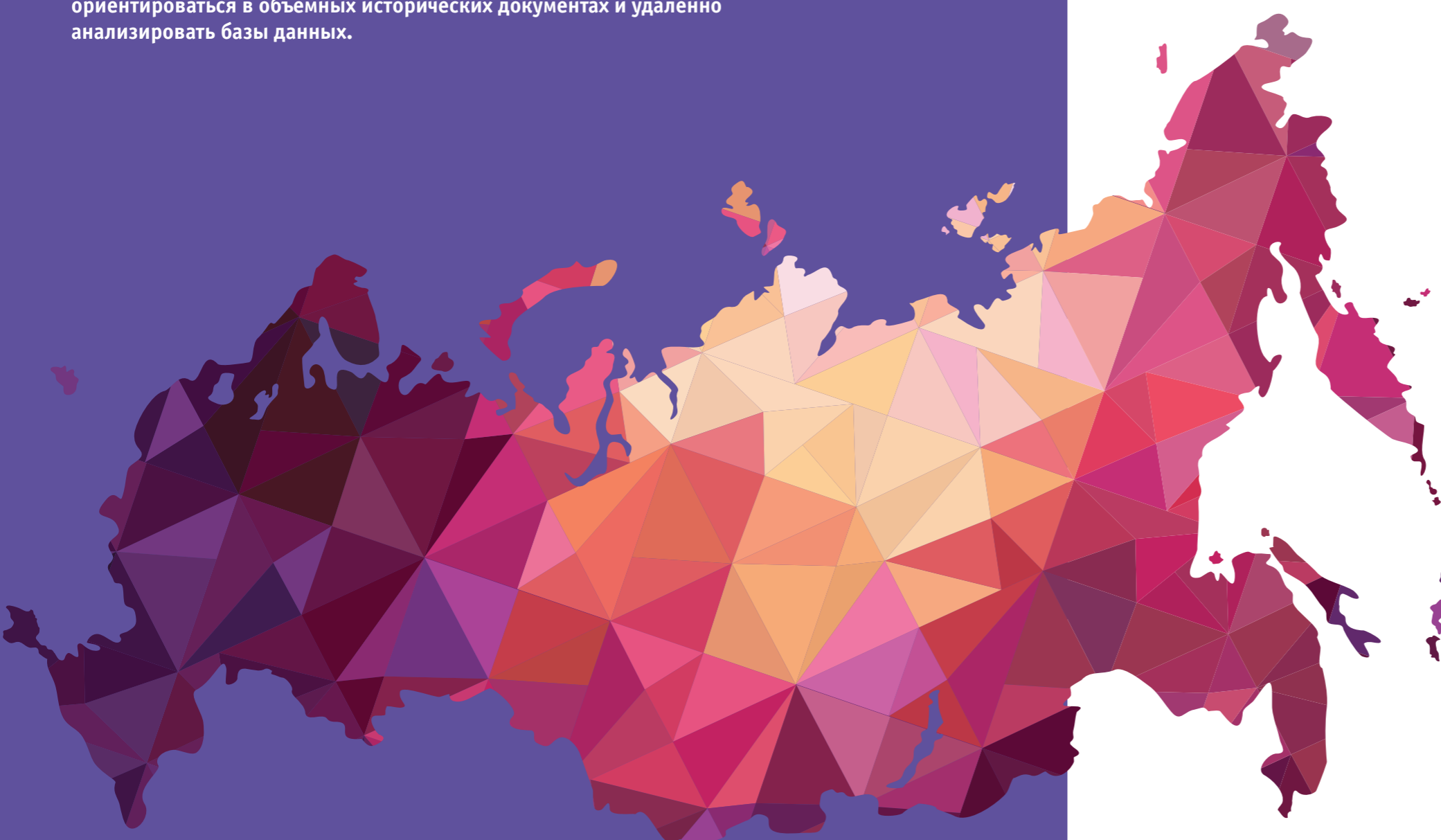
НОВЫЕ ИНСТРУМЕНТЫ ИЗУЧЕНИЯ ЯЗЫКА

Язык — это стержень культуры, вокруг которого выстраивается идентичность народов. Ученые проводят исследования, чтобы понимать прошлое языка и предсказывать его будущее, сохранять для потомков богатство и красоту речи. Современные информационные технологии значительно облегчают эту работу. Инновационные инструменты позволяют анализировать большие массивы данных в области языковедения, делая их доступными для многопрофильного анализа.

» В СВОЕМ РАЗВИТИИ ЛИНГВИСТИКА ЭВОЛЮЦИОНИРУЕТ В НАПРАВЛЕНИИ ЕСТЕСТВЕННОНАУЧНЫХ И МАТЕМАТИЧЕСКИХ НАУК И ПРОШЛА УЖЕ, ПО МЕНЬШЕЙ МЕРЕ, ПОЛОВИНУ ЭТОГО ПУТИ. ЛИНГВИСТИКА ЗАНИМАЕТ СОВЕРШЕННО ОСОБОЕ МЕСТО В СИСТЕМЕ НАУК, ОТЛИЧАЯСЬ ПО СРАВНЕНИЮ С ДРУГИМИ ГУМАНИТАРНЫМИ НАУКАМИ НАИВЫСШИМ УРОВНЕМ ЦИФРОВИЗАЦИИ.

Валерий Соловьев
профессор Института филологии и межкультурной коммуникации
Казанского федерального университета

Оцифровка рукописных и печатных материалов важна для трансформации общества. Этот вектор обозначен в Стратегии научно-технологического развития России. В документе, принятом в 2016 году, сказано, что в ближайшие 10–15 лет приоритетом станет «переход к передовым цифровым, интеллектуальным производственным технологиям, роботизированным системам, новым материалам и способам конструирования, созданию систем обработки больших объемов данных, машинного обучения и искусственного интеллекта». Исследования в сфере языкознания не являются исключением. Научные группы активно внедряют инновационные методы в своей работе. Каждый год Российский научный фонд поддерживает грантами тысячи проектов, имеющих высокую научную, образовательную и социальную ценность.



На бересте и камне



Группа ученых из Высшей школы экономики, возглавляемая доктором филологических наук, членом-корреспондентом РАН Алексеем Гиппиусом, изучает не книжную письменность Древней Руси — берестяные грамоты и эпиграфику. Этим термином обозначают надписи, сделанные на твердых материалах: на стенах церквей, предметах быта, произведениях церковного и светского декоративно-прикладного искусства, камнях, крестах, фресках. Лингвистические исследования древних текстов позволяют узнать новые подробности об укладе жителей нашей страны.

«Древнерусские письменные источники — берестяные грамоты и надписи — все время пополняются. Этот постоянно действующий канал информации соединяет нас с древнейшим периодом нашей истории и даже позволяет войти в контакт с предками. Узнать удивительные подробности об их жизни, занятиях, обычаях, услышать их живую речь. И это, заметьте, не толкования и предположения, а чистая информация, что называется, из первых рук», — рассказывает Алексей Гиппиус.



ЛИНГВИСТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ДРЕВНИХ ТЕКСТОВ ПОЗВОЛЯЮТ УЗНАТЬ НОВЫЕ ПОДРОБНОСТИ ОБ УКЛАДЕ ЖИТЕЛЕЙ НАШЕЙ СТРАНЫ.

Первая берестяная грамота была найдена 26 июля 1951 года в Великом Новгороде в ходе масштабных археологических работ. Они были развернуты после Великой Отечественной войны — в период восстановления города, пострадавшего от боев. Сначала берестяными грамотами занимались археологи и историки. Язык грамот настолько отличался от известного уже древнерусского книжного языка, что ученые решили — новгородцы были людьми малограмотными. Лишь в 1980-е годы, с привлечением лингвистов, началось изучение этого древнего языка.

Выдающийся ученый Андрей Анатольевич Зализняк показал, что большинство берестяных грамот написаны без ошибок, но с использованием особой, бытовой графической системы.

ДО НАС ДОШЛА ЛИШЬ МАЛАЯ ЧАСТЬ НЕКНИЖНОЙ ПИСЬМЕННОСТИ, ПОЭТОМУ ТАК ОСТРО СТОИТ ЗАДАЧА СОХРАНИТЬ ПОДОБНЫЕ ПАМЯТНИКИ.

Еще одна категория текстов, которая постоянно пополняется — древние надписи, оставленные людьми XI-XV веков на стенах. По словам Алексея Гиппиуса, оштукатуренная стена церкви — редкость в деревянном городе — буквально притягивала грамотного человека: «Один писал свое имя, другой — молитву, третий — облеченную в поэтическую форму жалобу епископу на задержку жалования: «Ох, тошно, владыка, нету платы дьякам! Как же мне не плакать? Увы женатым дьякам».

Два типа текстов — на бересте и на камне, — объединяет то, что они могли быть созданы не только профессионалами в области письма, но и любителями. К сожалению, через века до нас дошла

лишь малая часть не книжной письменности, поэтому так остро стоит задача сохранить подобные памятники, сделать тексты и изображения доступными для ознакомления и изучения. Проект, выполняемый при поддержке РФФИ, включает два направления, которые специалисты называют условно «филологическое» и «цифровое». В рамках первого ученые проводят исследования берестяных грамот и древнерусской эпиграфики, а также создают публикации. Цифровое же направление предусматривает разработку электронных ресурсов, представляющих не книжные памятники в сети.

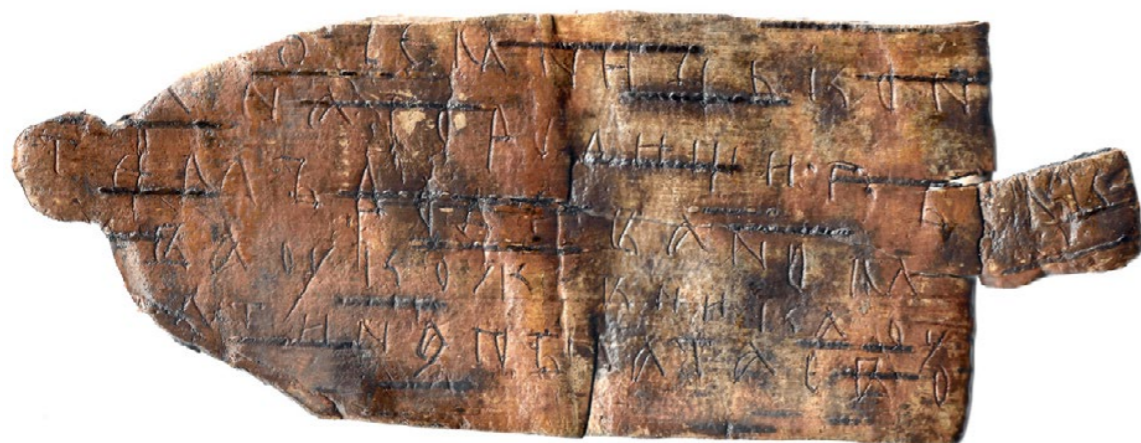
Хотя с момента обнаружения первой берестяной грамоты прошло более 70 лет, число находок растет с каждой экспедицией. Сегодня известно более 1150 грамот. География поисков обширна — письменные памятники домонгольской Руси обнаруживают в Великом Новгороде и Старой Руссе, Старой Рязани и Пскове, Переславле-Залесском, Смоленске и других городах. Зачастую лингвистам приходится иметь дело лишь с фрагментом грамоты или надписи, что существенно затрудняет прочтение текста. В этом случае провести реконструкцию древних записей помогают современные технологии.



▲
Фрагмент берестяной грамоты.
Источник: Институт археологии РАН

Так, ученые Высшей школы экономики и Института славяноведения РАН с помощью 3D-моделирования прочитали и восстановили надпись об убийстве князя Андрея Боголюбского — древнейшего памятника письменности Северо-Восточной Руси. Текст был найден осенью 2015 года в Переславле-Залесском, при расчистке стен Спасо-Преображенского собора XII века. В нем перечислены и прокляты убийцы князя, а также провозглашается вечная память Боголюбскому. Специалисты датируют находку 1175-1176 годами. Надпись была серьезно повреждена.

При ее прочтении использовали метод фотограмметрии, который позволяет строить трехмерные модели памятников путем совмещения множества снимков. Это дало возможность почти полностью прочесть список заговорщиков. Оказалось, что их было 12 человек, хотя в летописях упомянуты только четверо. Надпись со Спасо-Преображенского собора значима и для истории церкви. По словам ученых, это древнейший известный нам случай предания анафеме на Руси государственных преступников.



Берестяная грамота, найденная при раскопках исследовательской группы А. Гиппиуса. Источник: Институт археологии РАН

Помимо реконструкции поврежденных текстов, 3D-моделирование — это еще и способ сохранить памятник для потомков, поскольку надписи на хрупких поверхностях разрушаются. Комплекс 3D-моделей наиболее значительных и сложных для анализа эпиграфических памятников, в том числе надписей из Новгородского Софийского собора, церкви Благовещения на Городище, Георгиевского собора Юрьева монастыря, церкви св. Пантелеймона в Галиче формируется в рамках второго направления. Кроме того, лингвисты создали и развивают такие ресурсы, как онлайн базы данных «Древнерусские берестяные грамоты» (gramoty.ru) и «Древнерусская эпиграфика» (epigrafika.ru). Аналогичный корпус в мировой лингвистике и эпиграфике отсутствует.

3D-МОДЕЛИРОВАНИЕ — ЭТО ЕЩЕ И СПОСОБ СОХРАНИТЬ ПАМЯТНИК ДЛЯ ПОТОМКОВ, ПОСКОЛЬКУ НАДПИСИ НА ХРУПКИХ ПОВЕРХНОСТЯХ РАЗРУШАЮТСЯ.

Предполагается, что результаты проекта будут использованы для дальнейших работ по истории Древней Руси, ее языка и культуры, учтены при новом анализе памятников. Базы данных дают возможность интегрировать достижения предшествующих исследователей. Также предложенные технологии наполнения и развития базы могут стать образцом для исторических и лингвистических ресурсов, посвященным другим типам текстов.



Первый в России атлас тюркских диалектов



Цифровые технологии открыли новые возможности для анализа и представления информации в лингвогеографии. Это направление языкознания занимается сбором и картографированием диалектов, сопоставляет и объясняет территориальные различия языка.

В России языки и диалекты тюркской языковой семьи являются самыми распространенными после языков и диалектов славянской семьи. Около 3/4 всех тюркских языков мира имеют носителей в нашей стране. К числу исчезающих относится 13 тюркских языков России — чувашский, шорский, долганский, тофаларский и другие. Например, среди чувашцев, проживающих на юге Красноярского края и в Томской области, носителями родного языка являются всего 30 человек. Чувашский язык признан вымирающим и внесен в Красную книгу исчезающих языков ЮНЕСКО.

Кроме того, лингвисты наблюдают размывание диалектов больших тюркских языков. Сами по себе они не находятся под угрозой, но потеря диалектов может обернуться утерей информации о функционировании этих языков в синхронии и диахронии, а также утерей естественных источников для развития литературных языков. Специалисты называют фиксацию исчезающих языков и проведение исследований на основе собранных данных одной из важнейших задач в языкознании. В этом смысле тюркская диалектология во многом представляет собой неисследованное поле. До сих пор в стране нет общего атласа, отражающего диалектное членение тюркских языков. Создание такого атласа — кропотливый и долгий труд. Недаром большие академические проекты составляются не один десяток лет.



▲ Убранство жилища.
Источник: Анна Дыбо

Грантом Российского научного фонда поддержан проект группы Института языкознания РАН, которая формирует электронный диалектологический атлас тюркских языков России. Ее руководителем является доктор филологических наук Анна Дыбо.

Проект предполагает сбор, анализ и картографическое представление материала по тюркским диалектам. Это позволит получить общую картину распространения тюркских языков и, соответственно, истории расселения тюрков.

В своей работе авторы используют опубликованные и архивные источники, а также проводят в экспедициях сбор материала по специально составленным анкетам. Эти опросники, разработанные по фонетическим, синтаксическим, лексико-семантическим, морфологическим и морфонологическим признакам, позволяют наиболее точно установить место каждого говора в генеалогической классификации тюркских языков, выяснить влияния языковых контактов. На основании данных, полученных после обработки анкет, ученые могут делать прогнозы о сохранении или исчезновении диалектов и языков.

ЗА ПОСЛЕДНИЕ ГОДЫ ЛИНГВИСТЫ ЕЗДИЛИ К НОСИТЕЛЯМ ДИАЛЕКТОВ ЧУВАШСКОГО, ТУВИНСКОГО, АЛТАЙСКОГО, ХАКАССКОГО, ЧУЛЫМСКОГО, КАРАЧАЕВО-БАЛКАРСКОГО ЯЗЫКОВ.

Кроме того, участники экспедиций записывают фольклор, бытовые рассказы и разговоры, из которых формируются диалектные подкорпусы тюркских языков. За последние годы лингвисты ездили к носителям диалектов чувашского, тувинского, алтайского, хакасского, чулымского, карачаево-балкарского языков. Коррективы внес 2020-й год, когда экспедиции пришлось отложить из-за пандемии COVID-19.

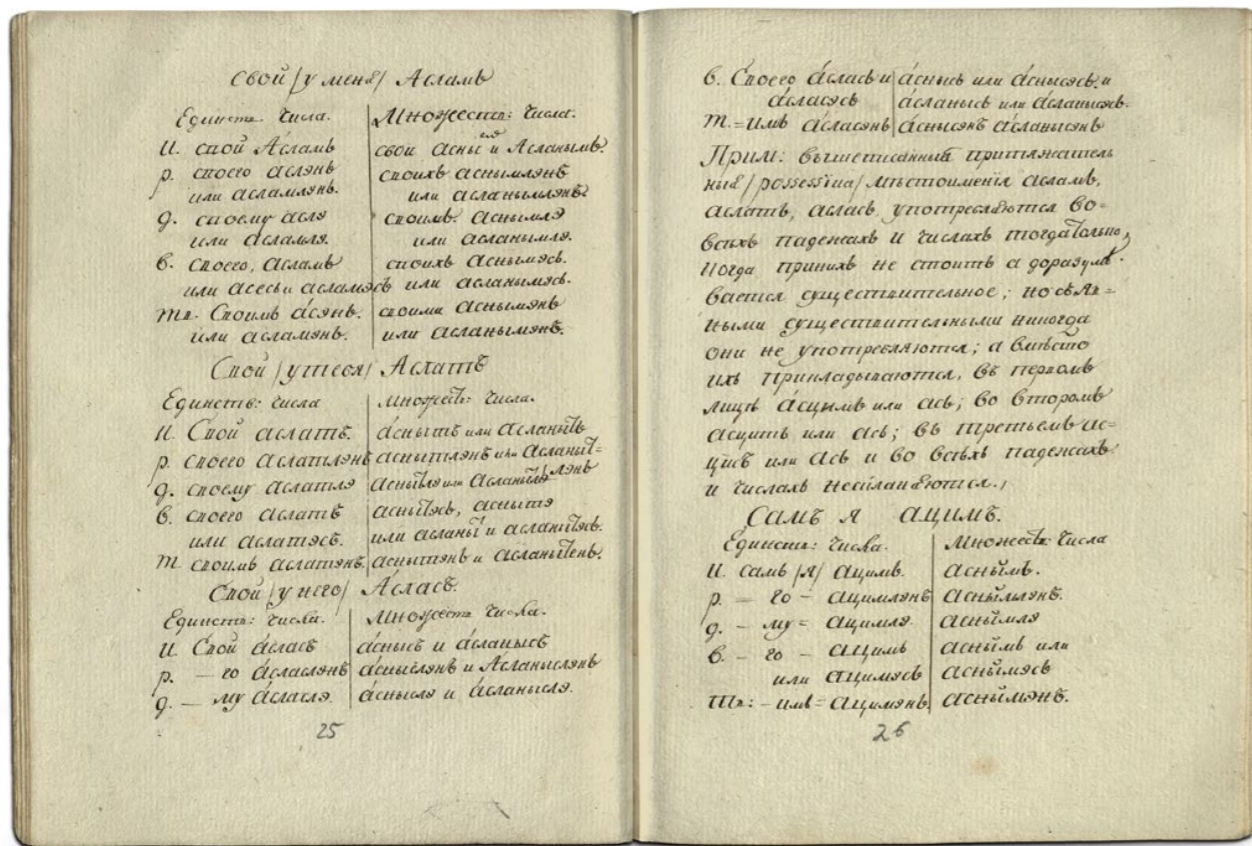
ПРИМЕНЕНИЕ СОВРЕМЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ЛИНГВОГЕОГРАФИИ ПОЗВОЛИТ СДЕЛАТЬ ДИАЛЕКТИЧЕСКИЕ КАРТЫ ДИНАМИЧНЫМИ, ДОСТУПНЫМИ ШИРОКОМУ КРУГУ ПОЛЬЗОВАТЕЛЕЙ.

«К сожалению, в 2020 году полевые исследования практически отменились. Удаленные записи, во-первых, не дают в общем случае хорошего фонетического качества, а во-вторых, вообще ограничивают возможности опроса. При этом с документацией диалектных особенностей следует спешить, поскольку они стремительно вымываются. Носители диалектов, которые минимально подверглись влиянию литературной нормы, — практически всегда старше 60 лет. Иногда люди жалуются, что им не с кем поговорить на своем языке. Поэтому довольно частый и, конечно, приятный лингвисту финальный аккорд опроса — сказанное на прощание «Ну спасибо, я хоть с вами свой язык вспомнила!», — говорит Анна Дыбо.

В результате проекта будет подготовлен набор электронных карт, отражающих значения языковых признаков, выявляющих основные классификационные параметры тюркских языков в области фонетики, фонологии, морфонологии, морфологии и лексики. Специалисты смогут проследить изменения, произошедшие с диалектами за последние 150 лет. Кроме того, появятся региональные подробные карты. Полученные материалы будут обнародованы на сайтах проекта *dialects.altai.ru* и *lingvodoc.ispras.ru*. Применение современных технологий в лингвогеографии позволит сделать диалектические карты динамичными, доступными широкому кругу пользователей и проводить совместные исследования диалектов на единой базе.



◀ Экспедиция исследовательской группы. Источник: Анна Дыбо



«Изучение рукописных документов и старых печатных изданий, являющихся источниками по истории языка, по-прежнему актуально и представляет большой исследовательский интерес. Между тем до сих пор на территории России мы имеем немало языков, историческое развитие и состояние которых не получило должного описания, несмотря на имеющиеся рукописные и печатные книги. К одному из таких языков относится коми-пермяцкий, или просто «пермяцкий», входящий в пермскую ветвь финно-угорской семьи», — пишет Роман Гайдамашко.

В ходе археографического, палеографического и текстологического описания будет реконструирован ранний период истории коми-пермяцкой письменности и рукописной традиции, будут установлены взаимоотношения списков различных финно-угорских

рукописей. Электронный ресурс поможет обнаружить неизвестные ранее списки рукописей. Также архив окажется полезным при составлении и редактировании коми-пермяцких словарей. Дополненные данные незаменимы для проведения археографических, палеографических и текстологических исследований на материале финно-угорских и русских письменных памятников конца XVIII — начала XX века.

ЭЛЕКТРОННЫЙ РЕСУРС ПОМОЖЕТ ОБНАРУЖИТЬ НЕИЗВЕСТНЫЕ РАНЕЕ СПИСКИ РУКОПИСЕЙ.

Оцифрованные рукописи — фотокопии и текстовые данные — будут размещены в свободном доступе по адресу www.komipermler.ru. Надежное хранилище рукописей даст возможность обращаться к копиям текстов удаленно, при закрытых архивах и даже при утрате или порче оригинала.

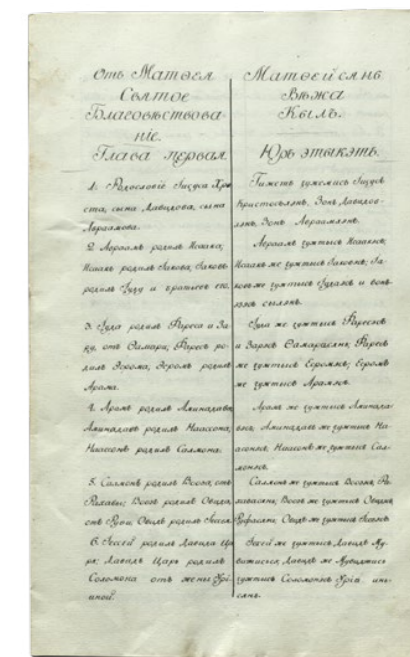
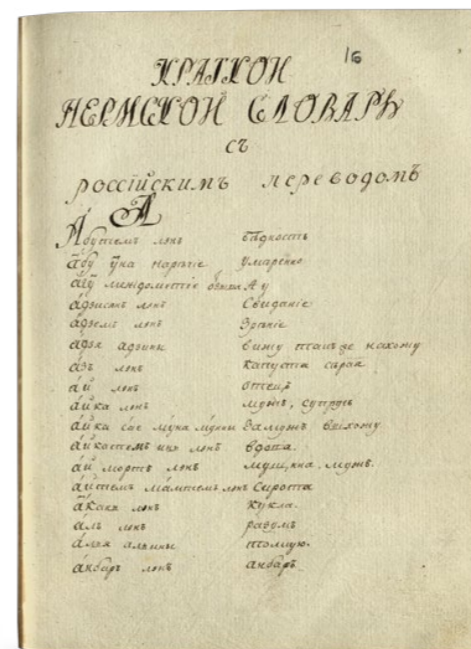
Сохранение пермяцкого языкового наследия

Значимый для истории языкознания пласт памятников представляют собой коми-пермяцкие рукописи, относящиеся к периоду XVIII — начала XX веков. На сегодняшний день известно о 32 списках 16 разных документов, содержащих коми-пермяцкий языковой материал. Они хранятся в различных архивах и библиотеках России, Венгрии и Германии, при этом многие рукописи остаются неизданными и малоизученными.

Ввести документы в научный оборот и придать исследованиям пермяцкого языка новый импульс может единое место хранения документов, а также справочник по их известным спискам. Над этой задачей работает авторский коллектив Санкт-Петербургского Института лингвистических исследований РАН, возглавляемый кандидатом филологических наук Романом Гайдамашко.

При поддержке РНФ ученые создают цифровой архив дореволюционных пермяцких рукописей. Впервые в мире предпринят опыт оцифровки, каталогизации, введения в научный оборот, расшифровки и историко-филологического описания первых рукописей на одном из уральских языков.

Коми-пермяцкие рукописи. Источник: Роман Гайдамашко



Навигация по рукописям



Рукописные тексты — это фундаментальная часть нашей культуры. В российских музеях и архивах, институтах и библиотеках хранится большое количество рукописей, не известных широкому кругу ученых. Более того, специалисты подсчитали, что 80% памятников русской культуры конца XVIII — середины XX века до сих пор не расшифровано.

Историки, археологи, лингвисты и другие ученые, занимающиеся гуманитарными исследованиями, вручную обрабатывают рукописи в процессе расшифровки и подготовки текста к научной публикации. Однако для большого объема архивных данных такая организация работ неэффективна и приводит к тиражированию и анализу одного и того же набора текстов.

Чтобы решить эту проблему, ученые из Высшей школы экономики предложили создать более удобную методику анализа рукописных текстов. В рамках проекта, выполняемого при поддержке РФФИ, группа под руководством кандидата исторических наук Екатерины Болтуновой разрабатывает систему автоматизированной навигации по рукописным текстам. Этот инструмент позволит выделять информацию о тематике, составе и структуре нерасшифрованной рукописи, а также даст возможность выполнить моделирование корпуса рукописных текстов по запросу исследователя. Созданная в результате модель определит, к каким темам относится документ и какие слова образуют каждую тему.

ЭЛЕКТРОННЫЙ РЕСУРС ПОМОЖЕТ ОБНАРУЖИТЬ НЕИЗВЕСТНЫЕ РАНЕЕ СПИСКИ РУКОПИСЕЙ.

Екатерина Болтунова отмечает преимущество создаваемой методики: *«Анализ будет сосредоточен на исследовании графических элементов, а не на распознавании всех символов текста. Графический анализ ключевых слов в комбинации с дополнительными элементами — выделение области даты и места создания, форма, размеры и расположение обращения, подписи, заголовка и другими — даст возможность перейти от графики к семантике и, исходя из их сочетания, сделать выводы о составе и содержании рукописного источника. С использованием автоматизированной навигации поиск информации в растровом массиве нераспознанного текста будет занимать не месяцы и годы гуманитарных исследований, а несколько минут».*

В рамках проекта специалисты изучат высококачественные цифровые копии писем и дневников, мемуаров и записных книжек, относящиеся к периоду конца XVIII — середины XX века. Так, для исследования была выполнена цифровая реконструкция рукописного наследия В. А. Жуковского, А. П. Чехова, Б. Л. Пастернака, М. И. Цветаевой, М. А. Зощенко, М. А. Булгакова и других. В ходе анализа будет применен междисциплинарный подход. Такие задачи, как графическая, синтаксическая и семантическая классификация текста, решат методами гуманитарных наук. Другие вопросы — распознавание образов, навигация, кластеризация, анализ связей между компонентами текста — с помощью интеллектуального анализа данных.



▲ Сканирование архивных документов.
Источник: www.mku-uga.ru

На сегодняшний день ученые запатентовали программу по работе с неструктурированными массивами данных, которая обеспечивает управление корпусом растровых изображений рукописных документов: тематический поиск, определение характеристик материала и моделирование корпуса рукописных источников по заданным параметрам. Также создана методика распознавания рукописного текста на основе непрерывных морфологических моделей и машинного обучения, предложены методы навигации в оцифрованных архивных документах при выполнении поисковых запросов.

В последнее время заметно выросло внимание общества к национальному наследию России. Благодаря этому каждый год увеличивается интерес к исследованиям языка и рукописных документов. Применение цифровых инструментов позволяет вывести научную работу на новый уровень. Высокотехнологичные проекты в сфере лингвистики способствуют сохранению и актуализации культурного наследия страны, расширению междисциплинарных и межрегиональных научных контактов.

Использованные материалы

1. Андрей Зализняк. Лингвистический детектив. // Телеканал «Россия — Культура», 2019 г.
2. Берестяные грамоты из раскопок 2021 г. Лекция чл.-корр. РАН А. А. Гиппиуса. // www.inslav.ru
3. На стенах древнерусских храмов можно найти ребусы и рассказы об убийцах. // www.hse.ru
4. Е. В. Кузнецова. Современные информационные технологии в лингвистике. // www.dialekt.vspu.ru
5. Р. В. Гайдамашко, Л. Г. Пономарева. Материалы к истории изучения коми-пермяцкого рукописного наследия протоиерея Антония Попова (1784–1788) // www.iling-ran.ru/library/ural-altaic
6. А. В. Дыбо. Что мы делали этим летом. В гости к носителям диалектов. // Газета «Троицкий вариант. Наука», № 337, 7 сентября 2021 г.
7. А. В. Дыбо, З. К. Кочакаева. Кумыкский язык. // Интернет-издание «ПостНаука», 14 июня 2021 г.



**Российский
научный фонд**

Для иллюстрации статей использованы фотографии пресс-службы РНФ, авторов исследований и изображения из открытых источников.



Российский
научный фонд



Москва, ул. Солянка, 14, стр. 3



+7 (499) 606-02-02



info@rscf.ru



www.rscf.ru



rnfpage



RSF_news



dzen.ru/rnf



group/70000000467577