



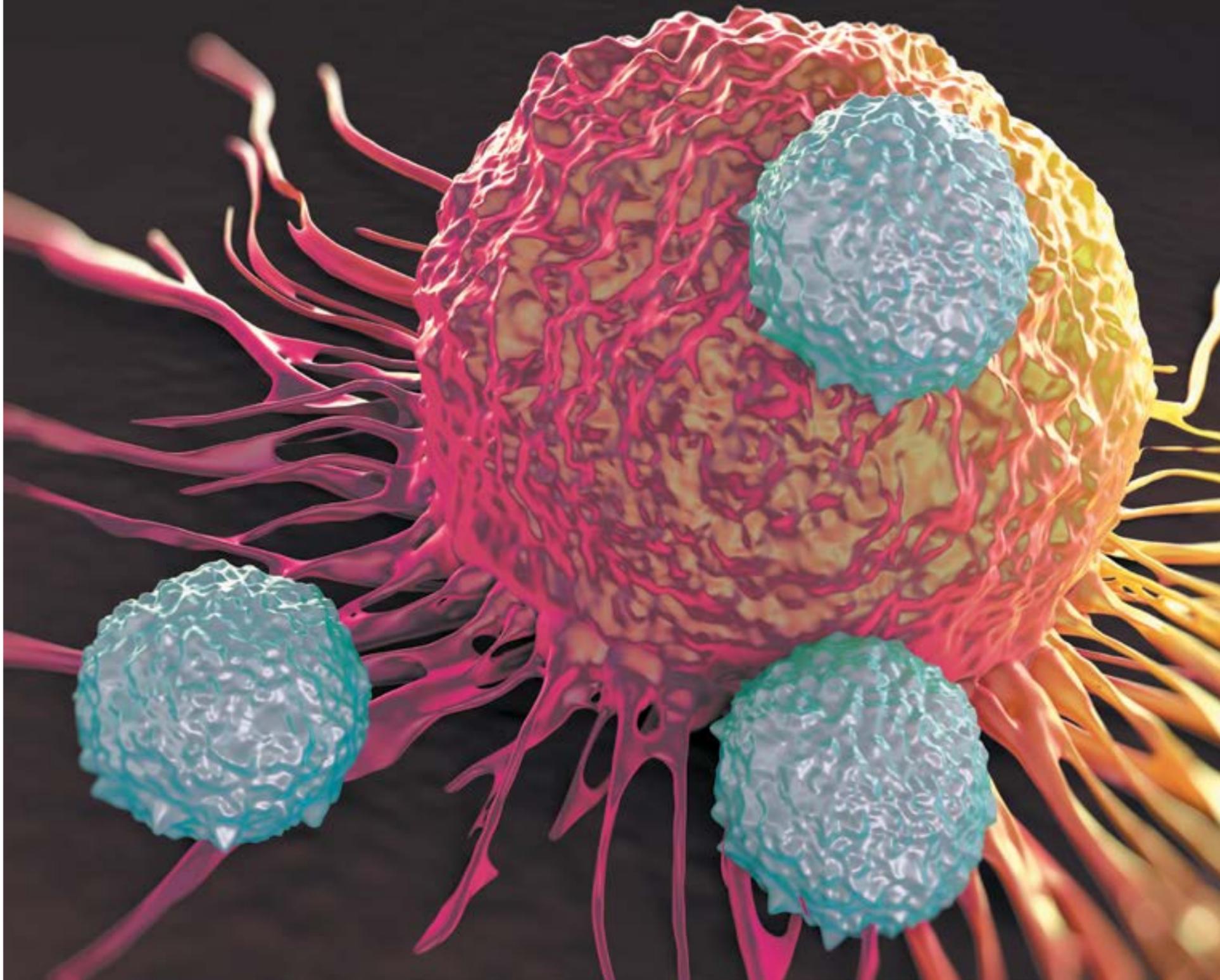
Наука в Сибири

ГАЗЕТА СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК • ИЗДАЕТСЯ С 1961 ГОДА

8 июня 2017 года • № 22 (3083) • электронная версия: www.sbras.info • ISSN 2542-050X • 12+

ИДЕАЛЬНЫЕ СОЛДАТЫ ПРОТИВ РАКА

стр. 4—5



СИБИРСКИЕ УЧЕНЫЕ
ИССЛЕДУЮТ
ПОСЛЕДСТВИЯ ОПОЛЗНЕЙ
В ЗОНЕ ВЕЧНОЙ МЕРЗЛОТЫ

стр. 5

ЭТНОГЕНЕЗ
«ПО АКЦЕНТУ»

стр. 6—7

СЕРГЕЙ БАБИН:
«ВАЖНО ВСЕГДА БЫТЬ
НА ПЕРЕДНИХ РУБЕЖАХ»

стр. 8

ИНСТИТУТУ ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ И ПРИКЛАДНОЙ МЕХАНИКИ ИМ. С.А. ХРИСТИАНОВИЧА СО РАН — 60 ЛЕТ

Президиум Сибирского отделения Российской академии наук и Объединенный ученый совет СО РАН по энергетике, машиностроению, механике и процессам управления тепло и сердечно поздравляют замечательный коллектив Института теоретической и прикладной механики им. С.А. Христиановича Сибирского отделения Российской академии наук с 60-летием со дня основания!

Институт был организован постановлением Президиума АН СССР от 7 июня 1957 года. Основателем и первым директором института был выдающийся механик XX века академик Сергей Алексеевич Христианович, а в 2005 году институту было присвоено его имя.

Основными научными направлениями института являются: математическое моделирование в механике, аэрогазодинамика, физико-химическая механика, механика твердого тела, деформации и разрушения.

Наличие высококвалифицированного научного и инженерно-технического персонала, самой мощной в системе РАН аэрогазодинамической базы, включающей комплекс аэродинамических труб, охватывающих практически весь диапазон скоростей современной авиации, ракетно-космической техники, современной научной материально-технической базы, а также тесное сочетание экспериментальных и вычислительных методов позволяют институту успешно решать на мировом уровне многие фундаментальные и практические задачи современной аэрогазодинамики.

Экспериментальная база института позволяет проводить исследования как суммарных аэродинамических характеристик моделей летательных аппаратов, так и изучение тонкой структуры различных течений с целью уточнения физики ламинарных, турбулентных и отрывных течений при до-, сверх- и гиперзвуковых скоростях. Основные теоретические и экспериментальные исследования, проводимые в институте, связаны с вопросами теории гидродинамической устойчивости, пограничного слоя, теории смешения и горения топлива в сверхзвуковых потоках, гидродинамики многофазных сред с учетом физико-химических превращений, механики деформируемого твердого тела, взаимодействия лазерного излучения с веществом, плазмодинамики дисперсных систем и т.д.

Институт тесно взаимодействует с вузами Новосибирска и проводит обучение студентов и магистрантов на трех базовых кафедрах Новосибирского государственного университета, Новосибирского государственного технического университета и Тюменского государственного университета. Для отлично успевающих студентов учреждены стипендии имени академика С.А. Христиановича, академика В.В. Струминского, академика Н.Н. Яненко и члена-корреспондента АН СССР Р.И. Солоухина.

В институте работает диссертационный совет по защите докторских диссертаций по специальности «механика жидкости, газа и плазмы» (по физико-математическим и техническим наукам). За 2012–2016 гг. защищено 38 диссертаций (13 — докторские), в т.ч. из ИТПМ — 30 (11 — докторские).

В институте на хорошем уровне поставлена патентная и выставочная деятельность. За последние пять лет было подано 30 заявок на изобретения, получено 18 охранных документов на объекты интеллектуальной собственности, институт постоянно принимает участие в выставках, в т.ч. зарубежных, где получил много медалей и дипломов.

Институт является соучредителем таких научных журналов, как «Журнал прикладной механики и технической физики», «Физика горения и взрыва», «Теплофизика и аэромеханика», «Физическая мезомеханика».

За годы работы сотрудники института неоднократно были удостоены высоких премий и наград.

К настоящему времени ИТПМ СО РАН — это прежде всего коллектив единомышленников, насчитывающий более 500 высококвалифицированных сотрудников, в том числе около 200 научных сотрудников, среди которых один академик, три члена-корреспондента РАН, 63 доктора и 110 кандидатов наук.

Дорогие друзья! Отмечаю ваш юбилей, мы выражаем уверенность, что решение многих актуальных задач по плечу вашему замечательному коллективу. Желаем вам удачи в осуществлении задуманного, ярких творческих успехов во всех областях вашей деятельности, доброго здоровья, счастья и благополучия вам и вашим семьям!

Председатель СО РАН академик А.Л. Асеев
Главный ученый секретарь СО РАН академик В.И. Бухтияров
Председатель ОУС СО РАН по ЭММПУ академик В.М. Фомин

ИНСТИТУТУ ТЕПЛОФИЗИКИ ИМ. С.С. КУТАТЕЛАДЗЕ СО РАН — 60 ЛЕТ

Президиум Сибирского отделения Российской академии наук и Объединенный ученый совет СО РАН по энергетике, машиностроению, механике и процессам управления тепло и сердечно поздравляют замечательный коллектив Института теплофизики им. С.С. Кутателадзе Сибирского отделения Российской академии наук с 60-летием со дня основания!

Первый в мире специализированный Институт теплофизики был организован в 1957 г. в Новосибирске в составе Сибирского отделения АН СССР. Возглавил институт академик И.И. Новиков — известный специалист в области технической термодинамики и теплофизических свойств веществ.

С 1964 г. по 1986 г. институтом руководил выдающийся ученый-теплофизик, академик С.С. Кутателадзе, внесший значительный вклад в такие направления теплофизики и теплоэнергетики, как гидродинамическая теория кризисов кипения, теория подобия процессов теплообмена при физико-химических превращениях, предельные относительные законы трения и теплообмена в турбулентных пограничных слоях, исследование теплоотдачи и гидродинамики жидких металлов. В 1994 г. Институту теплофизики было присвоено имя С.С. Кутателадзе.

Академик В.Е. Накоряков, директор института с 1986 г. по 1997 г., развил ряд новых научных направлений, среди которых волновая динамика двухфазных сред, процессы теплоассоциации в пористых средах, гидродинамика газожидкостных потоков, абсорбционные термотрансформаторы, электродиффузионный метод диагностики потоков.

С 1997 г. по 2017 г. Институт теплофизики возглавлял академик С.В. Алексеенко, признанный в мире специалист в области гидродинамики и теплоассоциации, сформировавший современные представления о динамике волновых пленочных течений и процессов теплоассоциации в них, о структуре закрученных и струйных течений с определяющей ролью крупномасштабных вихрей. За этот период в институте нашли существенное развитие различные теоретические направления и экспериментальные методики, в частности теневой метод измерения толщины пленок жидкости, новейший полевой метод измерения скоростей — Particle Image Velocimetry и многие другие.

С институтом связаны имена таких известных ученых, как академики А.И. Леонтьев, М.Ф. Жуков, В.П. Чеботаев, С.Н. Багаев, Р.И. Нигматулин, А.К. Ребров, Э.П. Волчков, М.Р. Предтеченский; члены-корреспонденты РАН П.Г. Стрелков, А.Н. Павленко, Д.М. Маркович.

Работа ученых института отмечена Ленинской и Государственными премиями, премиями Ленинского комсомола, Академии наук и международных организаций. Зарегистрированы два открытия (1978 г. и 1986 г.). Институт поддерживает тесные научные связи со многими

исследовательскими центрами и фирмами по всему миру.

Институт выпускает два научных журнала: «Journal of Engineering Thermophysics» и «Теплофизика и аэромеханика» совместно с Институтом теоретической и прикладной механики СО РАН. Ведущие ученые института являются членами редколлегий различных отечественных и зарубежных журналов.

Подготовка специалистов в области теплофизики и энергетики — одно из важнейших направлений деятельности. Институт является базовым для восьми кафедр Новосибирского государственного университета, Новосибирского государственного технического университета, Новосибирского государственного архитектурно-строительного университета, Кузбасского государственного технического университета, Алтайского государственного технического университета. Создан учебно-научный центр «Теплофизика и теплоэнергетика». Действуют три специализированных совета по защите диссертаций.

Особое внимание уделяется молодежной политике: осуществляется материальная поддержка студентов-теплофизиков; учреждена стипендия имени академика С.С. Кутателадзе; в НГУ создана научная лаборатория для студентов младших курсов; на уровне среднего образования организовано шефство над гимназией № 3 в новосибирском Академгородке.

Институт теплофизики является головной организацией для Научно-координационного совета СО РАН по энергосбережению. По вопросам энергетики и энергоэффективности активно сотрудничает с мэрией г. Новосибирска, областной администрацией, администрацией Сибирского федерального округа, межрегиональной ассоциацией «Сибирское соглашение» и многими предприятиями и фирмами как в России, так и за рубежом.

В настоящее время Институт теплофизики является одним из ведущих мировых научных центров по теории теплообмена и физической гидрогазодинамике. Специфика теплофизики как научной дисциплины состоит в том, что многие фундаментальные исследования имеют прямой выход на практические приложения. Особое внимание уделяется инновационной и прикладной деятельности и прежде всего — в области экологически чистой энергетики и энергосбережения.

Дорогие друзья! Отмечаю ваш юбилей, мы выражаем уверенность, что решение многих актуальных задач по плечу вашему замечательному коллективу. Желаем вам удачи в осуществлении задуманного, ярких творческих успехов во всех областях вашей деятельности, доброго здоровья, счастья и благополучия вам и вашим семьям!

Председатель СО РАН академик А.Л. Асеев
Главный ученый секретарь СО РАН академик В.И. Бухтияров
Председатель ОУС СО РАН по ЭММПУ академик В.М. Фомин

АНОНС

ДОРОГИЕ ДРУЗЬЯ!

В рамках празднования 60-летия Института нефтегазовой геологии и геофизики им. А.А. Трофимука СО РАН 15 июня состоятся бесплатные экскурсии для всех желающих в Центральный сибирский геологический музей (с 10:00 до 16:00, 2-й этаж главного корпуса ИНГГ СО РАН; Новосибирский Академгородок, пр. Ак. Коптюга, 3).

Кроме того, с 13:00 до 14:00 в конференц-зале ИНГГ СО РАН пройдут открытые лекции: «Образование нефти и газа в недрах Земли», «Как рождаются вулканы», «Палеонтологические новости», «Как геофизики исследуют Землю: лекция с фотографиями полевых геофизических работ», «Мантия

Земли под объективом микроскопа». Приглашаются все желающие!

Телефон для справок: 8-923-14-21-911, Игорь Косенко.

КОНКУРС

ФГБУН Институт систем информатики им. А.П. Ершова СО РАН объявляет конкурс на замещение вакантной должности главного научного сотрудника по специальности 09.06.01 «информатика и вычислительная техника». Срок подачи документов — два месяца со дня опубликования объявления. Документы направлять в конкурсную комиссию по адресу: 630090, Новосибирск, проспект Ак. Лаврентьева, 6. Справки по тел.: (383) 330-87-44 (отдел кадров). Объявление о конкурсе и перечень необходимых документов размещены на сайте института (iis@iis.nsk.su).

СИБИРСКИЕ ТЕПЛОФИЗИКИ ОТМЕЧАЮТ ЮБИЛЕЙ ИНСТИТУТА

Институт теплофизики им. С.С. Кутателадзе СО РАН празднует свое 60-летие — начало юбилейной программе было положено на торжественном заседании.

ИТ начал свою работу всего с двух квартир на улице Жемчужная. В настоящий же момент в его распоряжении несколько корпусов, наполненных высокотехнологичным оборудованием и созданными установками. Открывая мероприятие, недавно избранный директор ИТ член-корреспондент РАН **Дмитрий Маркович Маркович** отметил: «Наш институт имеет богатую историю, в нем работало много выдающихся ученых, получено большое количество значимых результатов».



Д.М. Маркович

Основным событием торжественного заседания (помимо, разумеется, поздравлений) стал доклад научного руководителя (и директора с 1997 по 2017 год) ИТ СО РАН академика **Сергея Владимировича Алексеенко**. Он рассказал об истории института, начиная с самого основания, обрисовал спектр научных проблем, которыми занимаются исследователи, упомянул значимые контракты с различными организациями.

В частности, недавно было проведено совещание ИТ СО РАН и одной из ведущих энергомашиностроительных компаний «Силовые машины». «Это будет очень крупный проект с множеством направлений, — прокомментировал Сергей Алексеенко. — Мы подписали соглашение и надеемся подключить и другие институты Сибирского отделения». Кроме того, научный руководитель ИТ рассказал о взаимодействии с американской компанией Air Products — в нынешнем году контракту с ней исполняется 25 лет! «Здесь основные задачи — криогенное разделение воздуха, разжижение природного газа, водородная энергетика, горение, сверхкритическая вода (надо сказать, суперсовременное направление)», — отметил академик Алексеенко.

Рассказывая о векторах исследований, Сергей Алексеенко подробно остановился на двух важных разработках в области традиционной энергетики. Первая — концепция микроугля: помол его не такой, как обычно на станциях (около 100 микрон), а 5–40 микрон; это вещество горит как газовое топливо или жидкостью. «Здесь принципиальный фундаментальный эффект механической активации — его объяснением мы сейчас активно занимаемся», — сказал академик. Вторая разработка — водоугольное топливо. Сергей Алексеенко заявил, что уже построены два работающих на нем котла:

в Кемерове и на Дальнем Востоке. «Мы надеемся, они будут прототипом для дальнейшего введения таких котлов в энергетику», — сообщил научный руководитель ИТ СО РАН.

В числе других направлений Сергей Алексеенко назвал наноразмерные системы, которыми, по его словам, институт занимался всегда, исследования в области атомной энергетики: «...здесь огромные перспективы, в частности недавно мы создали стенды для жидких металлов», — а также разработка топливных элементов. «Тут мы тоже в числе лидеров, — сказал научный руководитель ИТ. — Две разработки, которые получили наибольшее развитие — топливные элементы на боргидридах и на алюминии. Что касается последних, то тут мы уже достигли мощности в сто ватт, и есть варианты для условий Арктики».

Поздравляя ИТ с юбилеем, председатель Сибирского отделения РАН академик **Александр Леонидович Асеев** напомнил слова академика **Вениамина Павловича Чеботаева**: «Мощь Института теплофизики определяется тем, что в нем работает столько теплофизиков, сколько во всем остальном мире». Кроме того, глава СО РАН отметил, что даже в самое сложное время Институт теплофизики находил возможность продуктивно трудиться. «Ваш институт, безусловно, является лидером в области современных проблем энергетики, — сказал академик Асеев. — Причем здесь идут исследования не только в области классической энергетики: ИТ имеет очень хороший опыт и перспективы в геотермальной энергетике, вплотную занимается проблемами ядерной, хорошо развиваются работы по гидроэнергетике. Кроме того, институт является центром компетенций по возобновляемым источникам энергии».



С.В. Алексеенко

Надо отметить, что поздравить юбиляра собрались представители не только научного сообщества, но и властных структур разных уровней, бизнеса, госкорпораций, сибирских вузов, и даже директор гимназии № 3 (Институт теплофизики шефствует над этим образовательным учреждением).

Юбилейная программа ИТ СО РАН продолжается XXXIII Сибирским теплофизическим семинаром, проведение которого, как отмечает оргкомитет, поможет координации усилий ученых в решении современных проблем теплофизики и привлечению молодых исследователей для решения актуальных научных задач.

Соб. инф.

Фото Екатерины Пустоляковой

25-Я КОНФЕРЕНЦИЯ НА БАЗЕ ИТПМ СО РАН СТАЛА ДВАЖДЫ ЮБИЛЕЙНОЙ



А.Л. Асеев и А.Н. Шиплюк

Открывшаяся в новосибирском Академгородке XXV Всероссийская конференция с международным участием «Высокоэнергетические процессы в механике сплошной среды» посвящена 60-летию Института теоретической и прикладной механики им. С.А. Христиановича СО РАН.

«Всего 12 лет спустя после окончания войны три великих «безумца» — академики **М.А. Лаврентьев**, **С.Л. Соболев** и **С.А. Христианович** — приехали в Сибирь развивать науку на новых принципах», — сказал, открывая конференцию, научный руководитель ИТПМ СО РАН академик **Василий Михайлович Фомин**. Он напомнил, что новосибирские корни института уходят в СибНИИ авиации, основанный выдающимся аэродинамиком академиком **Сергеем Алексеевичем Чаплыгиным**, — первым советским ученым, удостоенным звания Героя Социалистического Труда. «Наш коллектив за 60 лет пережил много сложных ситуаций и перемен, — поделился В.М. Фомин. — Академики Сергей Алексеевич Христианович и **Владимир Васильевич Струминский** развивали прежде всего газодинамическое направление, академик **Николай Николаевич Яненко** привнес математическую культуру, диапазон физических исследований расширил член-корреспондент АН СССР **Рем Иванович Солоухин**... И так можно говорить о каждом из руководителей».

«Институт теоретической и прикладной механики является в нашей системе базовым и лидирующим, — констатировал председатель Сибирского отделения РАН академик **Александр Леонидович Асеев**. — Без авиации и космоса Россия непредставима, при этом в стране есть два центра фундаментальных исследований: ЦАГИ им. профессора Н.Е. Жуковского в Москве и ИТПМ. Московский институт, безусловно, лучше оснащен технически, но важной спецификой нашего являются успехи в вычислительных моделировании и эксперименте». Глава СО РАН особо отметил, что организация-юбилей «...всегда нацелена на что-то новое, является мозговым центром для многих предприятий». При этом А.Л. Асеев выразил мнение, что ИТПМ «перерос» форму федерального госучреждения и требует более высокого статуса, как и само Сибирское отделение РАН.

Директор ИТПМ член-корреспондент РАН **Александр Николаевич Шиплюк** рассказал о сегодняшнем

дне организации, объединяющей 539 специалистов, в том числе четырех членов РАН, 65 докторов и 112 кандидатов наук, и выступающей учредителем ряда конференций, в том числе международной «Методы аэрофизических исследований» (ICMAR) и четырех научных журналов, индексируемых в Web of Science. При этом количество публикаций сотрудников самого института в изданиях этой системы за последние пять лет удвоилось. Из ряда актуальных исследований ИТПМ его руководитель выделил определение динамических характеристик возвращаемых космических аппаратов в интересах РКК «Энергия», создающей корабль нового поколения «Федерация», а также получение гелия из природного газа, моделирование течения крови, снижение сопротивления трения поверхностей летательных аппаратов, методы упрочнения материалов, внедрение лазерных технологий. Отдельно Александр Шиплюк обозначил работы по созданию нового двигателя ПД-35 для гражданской авиации. Говорил директор и о проблемах: «Субсидии на выполнение госзадания год за годом уменьшаются, внебюджетные доходы нестабильны, но при этом от нас постоянно требуют роста заработной платы».

В день начала конференции в ИТПМ свое 60-летие отмечал также Институт теплофизики им. С.С. Кутателадзе СО РАН, научный руководитель которого, академик **Сергей Владимирович Алексеенко**, напомнил о близости двух организаций: «Мы давно породнились, иногда даже переходили друг к другу целыми лабораториями, да и сегодня ведем много совместных работ и издаем общий журнал. У нас нет сомнений, что ИТПМ является одним из мировых лидеров в области газодинамики». Глава еще одного коллектива-юбилейра, Института гидродинамики им. М.А. Лаврентьева СО РАН, доктор физико-математических наук профессор РАН **Сергей Валерьевич Головин** отметил: «Так получилось, что наше здание построили раньше, но в науке мы с первых лет всегда идем в ногу».

В программе четырехдневной конференции «Высокоэнергетические процессы в механике сплошной среды» — не только выступления участников из России, США, Украины и Таиланда, но и обсуждения докладов по проблемам взаимодействия академического института с промышленностью и трансфера научных открытий в современные технологии.

Соб. инф.

Фото Андрея Соболевского

CAR-КЛЕТКИ: ИДЕАЛЬНЫЕ СОЛДАТЫ ПРОТИВ РАКА

Лечение рака зачастую включает в себя методы с опасными последствиями: химио- и лучевую терапию, пересадку костного мозга... Однако с заболеванием можно бороться посредством клеток собственного организма — в том числе, чтобы минимизировать побочные эффекты. Это общемировое направление исследований разрабатывают ученые из Института молекулярной и клеточной биологии СО РАН.

Концепция химерных антигенных рецепторов (CAR) была предложена израильскими учеными в 1993 году, но активный интерес к CAR-клеткам появился около семи лет назад, когда их применили для лечения пациентов с тяжелой формой заболевания крови — рецидивирующим острым лимфобластным лейкозом. В итоге больше половины таких больных полностью поправилось. Последние данные показывают, что клетки с антигенными химерными рецепторами хорошо работают и для других вариантов рака крови.

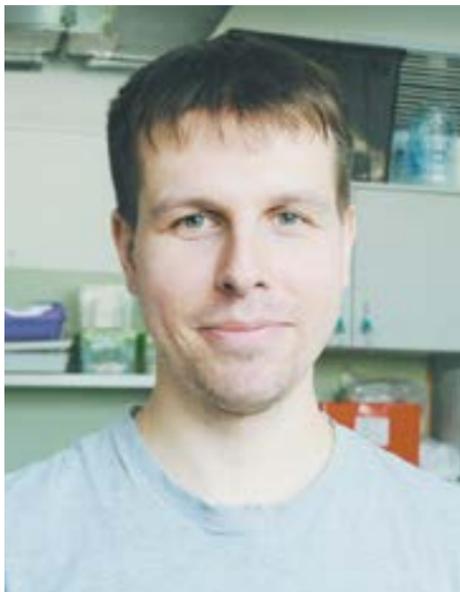
Сила CAR-клеток

В оригинальной схеме получения и переноса CAR T-клеток у онкобольного берут T-лимфоциты, чтобы активировать и размножить в лаборатории. После этого в них доставляют ДНК-кассету, кодирующую сам химерный (состоящий из нескольких доменов) антигенный рецептор. Он включает в себя три части: внутриклеточную, мембранную и внеклеточную. Последняя отвечает за «поимку» опухолевых клеток — это своего рода торчащая «рука», которой CAR T-клетка нащупывает свою мишень. Внеклеточная часть, как правило, представлена фрагментом моноклонального антитела, способного избирательно связываться с одним из белков на поверхности опухолевой клетки.

Антитела (или иммуноглобулины) — белки, направленные против конкретных антигенов, а также основные молекулы иммунной системы. Антигеном является молекула, которую организм рассматривает как чужеродную и потенциально опасную, а потому начинает вырабатывать против нее собственные антитела.

На последнем этапе CAR T-клетки размножают и возвращают в организм пациента. Когда такая клетка узнает своего «врага» при помощи внеклеточной части CAR, она его сразу же убьет. Преимущество заключается в том, что это может происходить многократно: уничтожив одну мишень, CAR T-клетка не выходит из строя и продолжает передвигаться по организму в поисках следующей.

— Получается, они встречаются на своем пути два типа клеток: нормальные, которые не опознают, и раковые, которые убивают, — рас-



Сергей Кулемзин

сказывает кандидат биологических наук Андрей Горчаков. — При этом после каждой встречи с мишенями CAR T-клетки еще и делятся: то есть увеличивающееся «войско» будет мигрировать по телу пациента, пока не убьет все чужеродные клетки. Получается эффект «магической пули»: лекарство, введенное единой дозой, работает до победного конца. Главное — пациент получает свои же клетки, но измененные таким образом, чтобы они научились узнавать конкретный рак.

Сейчас ученые ИМКБ СО РАН пытаются модифицировать CAR-клетки, чтобы они не только несли химерные антигенные рецепторы, но и воздействовали на болезнь другими способами: раз они уже находятся в организме, почему бы не поработать изо всех сил? Их можно заставить секретировать вещества, стимулирующие другие иммунные клетки в опухоли, например макрофаги, чтобы атаковать ее прямым и непрямым способом.

Макрофаги — клетки, способные к захвату и перевариванию бактерий, остатков погибших клеток и других чужеродных или токсичных для организма частиц.

— Изначально наше внимание было сконцентрировано на солидных или «твердых» раках, — добавляет кандидат биологических наук Сергей Кулемзин. — CAR-клетки лучше работают с диссеминированными, «жидкими» раками: в таком случае «больные» клетки плавают по одной (равно как и CAR T), и их проще убить. Однако при наличии твердой опухоли CAR T-клетке нужно пробраться внутрь нее, что не так просто: опухоль создает вокруг себя особое микроокружение, которое «отпугивает» клетки иммунной системы, и даже если они проникают вглубь, их активность быстро угнетается. В итоге, например, макрофаги из «правильных» становятся «неправильными» и не только не борются с опухолью, но даже помогают ей выживать. Мы подумали, что в одной клетке можно совместить химерный антигенный рецептор и секрецию молекул, заставляющих макрофаги подключаться к поеданию опухолевых клеток.

Сейчас ряд научных коллективов ищет способы, как сделать

CAR-клетки более «зловными» и избирательными по отношению к противнику. Ученые ИМКБ СО РАН также пытаются оптимизировать структуру химерного антигенного рецептора. Дело в том, что расстояние между CAR T-клеткой и опухолевой клеткой играет важную роль в эффективности уничтожения и накладывает ограничение на то, какой химерный рецептор подойдет для конкретной мишени. Таким образом, для того, чтобы CAR работал мощно, необходимо точно подобрать его длину, гибкость и доменный состав. Кроме того, важно, сколько молекул CAR находится на поверхности CAR-клетки, какова плотность молекул-мишеней на поверхности опухолевой клетки и аффинность (сила связывания) CAR со своей целью.

— Как часто происходит в биологии, в дизайне CAR важно соблюдать баланс, — рассказывает Андрей Горчаков. — Так, если химерный антигенный рецептор «слабоват», то CAR T-клетки будут упускать из виду опухолевые со сниженной плотностью мишени, что крайне нежелательно. С другой стороны, если CAR T-лимфоцит намертво связывается с опухолевой клеткой, то ему становится достаточно проблематично перейти к «охоте» за следующим «врагом».

Сложность в том, что не все экспериментальные подходы, которые хорошо работают в пробирке или организме мыши, будут так же действовать на пациента. Кроме того, у любой терапии есть свои риски. Описаны случаи, когда CAR T-клетки, нацеленные убивать, например, раковые B-клетки, вполне предсказуемо уничтожали и нормальные B-лимфоциты, потому что на обоих была одна и та же B-мишень. Это ожидаемый побочный эффект, вполне решаемый заместительной терапией иммуноглобулинами, пока CAR T-клетки не очистят организм от перерожденных B-клеток. Для CAR T-клеточной терапии были описаны и более тяжелые реакции: при уничтожении огромной массы клеток опухоли происходило перевозбуждение иммунной системы пациента и развивался так называемый цитокиновый шторм: состояние, при котором резко падает давление, путается сознание, идет нагрузка на внутренние органы, затрудняется дыхание.

— При проведении клинических испытаний CAR T-клеток из нескольких сотен онкогематологических больных во время терапии погибло шесть человек, — добавляет Андрей Горчаков. — Причем не было свидетельств того, что виновата именно CAR T-методика, так как она применялась в сочетании с другими достаточно тяжелыми терапиями на пациентах с неизлечимыми формами острого лимфобластного лейкоза. Соотношение риска и потенциального преимущества для больного при таком подходе гораздо более благоприятно, чем, например, при химиотерапии или пересадке костного мозга, хотя это достаточно распространенная схема лечения.

CAR-клетки или антитела?

Для борьбы с раком также активно используются моноклональные антитела. Однако по сравнению



Андрей Горчаков

с ними у CAR T-клеток есть несколько важных преимуществ: иммуноглобулины вводят курсами по несколько месяцев, что довольно дорого и долго. CAR T-клетки достаточно использовать лишь единожды и таким образом добиться стабилизации болезни или полного излечения.

— Антитела частично могут убивать опухоль сами, но наиболее результативно они действуют за счет работы иммунной системы, — рассказывает Сергей Кулемзин. — Основной механизм работы такой: они связываются с клеткой-мишенью и служат своеобразным флажком для клеток иммунной системы — смотрите, это раковая клетка! А если у онкобольного иммунитет уже в плохом состоянии, что чаще всего и наблюдается после всех курсов химиотерапии? В таком случае введение антител оказывается малоэффективным.

Многие используемые в онкологии моноклональные антитела — мышиного происхождения: например, широко известный препарат ритуксимаб. Поэтому в редких случаях у больных может развиваться иммунный ответ на введение чужеродных для человека антител, что делает невозможным продолжение такой терапии. Наконец, антитела — достаточно крупные молекулы, эффективные по отношению к опухолевым клеткам, до которых просто добраться, — небольшим очагам или метастазам. Если опухоль крупная, пассивное проникновение внутрь на один миллиметр зачастую занимает неделю. В то же время CAR T-клетки можно запрограммировать так, чтобы они активно двигались туда, где меньше кислорода — вглубь опухоли.

— CAR T-клетки — сочетание сильных сторон антител и клеточной терапии, — добавляет Андрей Горчаков. — Помимо того, что CAR T-клетка, вооруженная химерным антигенным рецептором, может направленно нападать на опухоль и глубоко в нее проникать, чего антитела, как правило, не делают, в запущенных случаях опухолевые клетки часто прячутся от иммунной системы там, куда она не «дотягивается»: например, в мозге или спинномозговой жидкости. Антитела слишком крупные, чтобы попасть туда в большой концентрации и отмаркировать опухолевые клетки на уничтожение. Это позволяет раковым клеткам спокойно пережить курс вводимых антител, что впоследствии может

СИБИРСКИЕ УЧЕНЫЕ ИССЛЕДУЮТ ПОСЛЕДСТВИЯ ОПОЛЗНЕЙ В ЗОНЕ ВЕЧНОЙ МЕРЗЛОТЫ



Оползень на склоне реки в Эвенкии, Красноярский край (2001 г.). Видно отличие экосистемы от окружающей ее ненарушенной тайги

Ученые ФИЦ Красноярский научный центр СО РАН вместе с коллегами из Сибирского федерального университета оценили скорость восстановления экосистем после оползней грунта в зоне вечной мерзлоты в Сибири.

Сравнение оползней разного возраста в районе реки Нижняя Тунгуска показало, что это геологическое явление вызывает резкое увеличение выбросов парниковых газов в атмосферу. Восстановление экосистемы занимает несколько десятков лет. Результаты исследований были представлены на 4-м Всемирном форуме по оползням и опубликованы в книге «Advancing Culture of Living with Landslides» международного научного издательства Springer.

Оползень — опасное природное явление, связанное со смещением массы горной породы или грунта по склону под действием силы тяжести и ряда сопутствующих факторов. Например, большого количества воды, которая впиталась в почву после обильных осадков. Крупные оползни или обвалы представляют опасность и для человека: они могут разрушать дороги, нарушать течение рек и вызывать наводнения. Ученые не просто исследуют причины образования и последствия таких явлений. Каждые три года исследователи собираются на Всемирный форум по оползням, где обсуждают разные стороны этой проблемы. В конце мая в Словении прошел очередной форум, на котором красноярские специалисты представили результаты исследований оползней в зоне вечной мерзлоты.

«Наш интерес — сходы грунта на склонах рек в зоне вечной мерзлоты в Сибири. В целом оползни происходят там часто. Механизм их формирования очень простой. Летом начинается оттаивание вечной мерзлоты, ее глубина обычно достигает одного метра. При «благоприятном» для обвала сочетании периодов засухи, тепла и повышенной влажности

мерзлоты поглощает углекислый газ, а вот почти любое ее нарушение, в данном случае связанное с оползнем, приводит к выделению в атмосферу парникового газа. С течением времени на месте оползня накапливается новый плодородный слой, восстанавливается растительность. Хотя даже участки схода грунта 35-летней давности, несмотря на относительно большой срок, не восстановили исходные значения плодородности, микробной активности и почвенного дыхания.

«Сейчас мы наблюдаем на склонах рек оползни разного возраста. Это основа для сравнительных исследований. По прогнозам, глобальное потепление и изменение режима влажности приведут к повышению количества подобных событий в зоне вечной мерзлоты. Включается то, что ученые называют механизмом положительной обратной связи. Глобальное потепление связано с концентрацией в атмосфере парниковых газов, углекислый газ входит в их число. С ростом температур и изменением режима влажности количество оползней вырастет. Нарушенные участки мерзлоты становятся источником выбросов CO₂, что способствует дальнейшему росту температур. Не самый благоприятный сценарий для экосистем нашего Севера», — объясняет Светлана Евграфова.

Исследования активности почвенных и микробных экосистем вечной мерзлоты группа ученых Института леса им. В.Н. Сукачёва ФИЦ КНЦ СО РАН проводит в рамках мегагранта Правительства Российской Федерации. Активность бактерий на месте оползней — лишь один из небольших этапов комплексной работы. Конечная задача — оценить всё разнообразие микробных процессов, протекающих в почвах Крайнего Севера, и их вклад в баланс углерода и поддержание климата на планете.

Соб. инф.
Фото Оксаны Масягиной
(Институт леса им. В.Н. Сукачёва
ФИЦ КНЦ СО РАН)



То же место (2009 г.). Хорошо видна динамика восстановления

привести к рецидиву заболевания. Такая проблема частично решается именно с помощью CAR Т-клеток: Т-лимфоциты могут проникать, куда хотят, и добывать прячущиеся чужеродные клетки.

CAR-клетки: натуральные киллеры

Модифицируя внеклеточную часть химерного антигенного рецептора, можно менять специфичность CAR-клеток. В ИМКБ СО РАН CAR-технологии также разрабатывают на базе не Т-, а NK-лимфоцитов (Natural killer cells): у этих «прирожденных убийц» своя собственная система поверхностных рецепторов, распознающих злокачественные, чужеродные и зараженные вирусами клетки.

— Прелесть использования NK-клеточных линий как носителей CAR прежде всего в их универсальности: достаточно один раз сделать CAR-NK клетки, нарастить их в огромном количестве, расфасовать по пакетам и вводить многим пациентам, — поясняет Сергей Кулемзин. — Зарубежные группы проверили методику на мышах и получили весьма обнадеживающие результаты. Такую технологию проще внедрить в клинику: не надо забирать клетки у конкретного человека и вводить ему же, что получается дешевле, а соответственно, ближе к российским реалиям. Это универсальный подход для разных пациентов с одним типом рака — в зависимости от того, какую «мишень» вы зададите CAR-клеткам.

Пока что ученые ИМКБ СО РАН проводят основные эксперименты *in vitro* и только приступили к работе с мышами, чтобы понять, как можно повысить эффективность CAR-терапии. На сегодняшний день CAR-NK-клетки против рака простаты уже уничтожают в пробирке опухолевые. Исследователи планируют поэтапно редактировать геном клеток с химерными антигенными рецепторами, чтобы они были максимально выносливы в раковом окружении, уничтожали чужеродные клетки, а иммунные активно стимулировали к борьбе — в общем, становились идеальными солдатами.

— На практике для каждого этапа необходима долгая отладка: должны соблюдаться все требования создания лекарств для человека, а еще нужно продумать процесс получения CAR-клеток в поточном формате, — заключает Сергей Кулемзин. — Кроме того, не совсем ясно, какова позиция такой методики в законодательном пространстве РФ: могут ли медики в соответствии с федеральным законом о клеточных технологиях применять ее на пациентах или нет? Клинических испытаний в России пока не было, так что возникает вопрос, близки ли CAR-клетки к внедрению в России. Однако подход на голову опережает другие способы: прежде всего лечение собственными клетками сводит побочные эффекты к минимуму. Мы видим по научным статьям зарубежных ученых, насколько высок потенциал подобного способа терапии, так что нужно прилагать все усилия, чтобы в нашей стране он применялся на практике.

Алёна Литвиненко
Фото автора

ЭТНОГЕНЕЗ «ПО АКЦЕНТУ»

Адаптируя методы естественных наук и медицины, сотрудники Института филологии СО РАН исследуют фонетические особенности языков коренных народов Сибири. Результаты работы не только позволяют детально описать исчезающие языки, но и помогают пролить свет на происхождение тех или иных этносов.

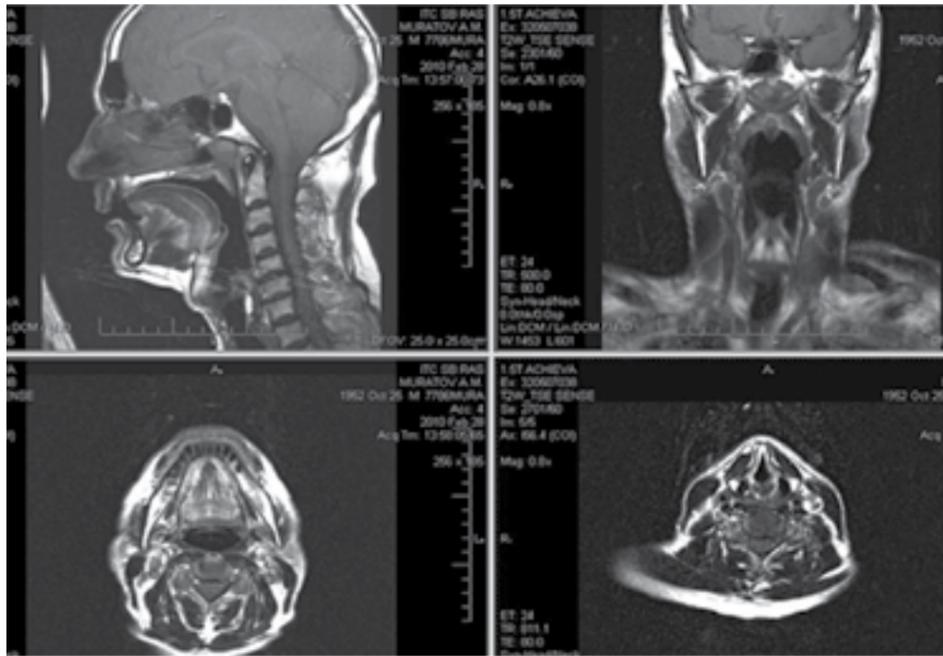
«В нашей лаборатории всегда работали три научных сотрудника (не считая аспирантов, стажеров, соискателей). За годы существования нам удалось изучить различные аспекты звукового строя 66 идиомов — языков, диалектов, говоров и подговоров. Степень изученности, конечно, разная — в каких-то из них исследованы все аспекты (вокализм, консонантизм, ударение, интонация и так далее), а по другим только получен материал, над которым еще предстоит много работать», — рассказывает главный научный сотрудник лаборатории экспериментально-фонетических исследований ИФЛ СО РАН доктор филологических наук **Ираида Яковлевна Селюткина**.

Идиом — получивший распространение в лингвистике XX века обобщающий термин для естественно-языковой знаковой системы; объединяет понятия язык, диалект, говор, социолект и другие.

При создании лаборатории **Владимиром Михайловичем Наделяевым** были поставлены две основные задачи: фронтальное обследование языков народов Сибири и Дальнего Востока (а если учитывать диалекты, которые иногда отличаются друг от друга в большей степени, чем сами языки, их набирается более 120) и разработка теории артикуляционно-акустической базы. Сибирскими учеными был введен в оборот уникальный материал по фонетике неисследованных ранее или малоизученных языков.

«Звуковой аспект языков народов Сибири необходимо фиксировать в первую очередь. Потому что грамматику и лексику мы можем исследовать по памятникам письменности, текстам, зафиксированным учеными, а здесь нужен носитель языка. К тому же раньше фонетика изучалась на слуховом уровне, и сегодня полученные данные несут на себе все недостатки этого метода. Дело в том, что любое человеческое ухо субъективно, и, как говорил знаменитый лингвист **Лев Владимирович Щерба**, слышать то, что оно привыкло слышать», — отмечает **Ираида Яковлевна**.

Русскоязычные лингвисты налагали на свои описания фонетики языков народов Сибири традиции русского языкознания. Грубо говоря, вместо звуков, которые информант на самом деле произносил, они слышали похожие на них знакомые звуки. Так, долгое время аспирантка лаборатории, исследуя один из диалектов алтайского языка, выделяла в нем краткие и долгие гласные, не замечая специфики звучания последних. А потом как-то она включила магнитофон с записью речи, и все ясно услышали, что у долгих гласных есть фарингализация.



Статичные томограммы артикуляции звука «l» в слове ал «бери» в языке чуваш

Фарингализация — дополнительная артикуляция, накладываемая на основную и заключающаяся в напряжении стенок глотки (или фаринкса), вызывающем акустический эффект низкого резонирования.

В середине прошлого века лингвисты пришли к пониманию того, что при изучении фонетики необходимо активно подключать экспериментальные методы, чтобы исключить фактор субъективности. Например, метод статического рентгенографирования — исследователи ходили в поликлинику и по определенной отработанной врачами технологии получали вертикальную плоскостную проекцию артикуляционного аппарата диктора (чтобы не нанести вред здоровью испытуемого, делали не более десяти снимков за один сеанс). Для метода дентопалатографирования в результате длительного и трудоемкого процесса создавалось искусственное небо, а потом его, предварительно посыпав тальком, вставляли в ротовую полость диктору. В результате произнесения на этом небе фиксировались отпечатки языка (кроме того, отпечатки снимали с зубов и альвеол). Метод фото- и лабиограмм подразумевал создание серии фотографий расположения губ при произнесении того или иного гласного. Затем с этих снимков срисовывалась схема и исследователи ее всячески «оцифровывали» — измеряли величину, соотношение длины и ширины губной щели. Был еще метод пневмоосциллографирования (сейчас он полностью заменен компьютерным), в котором по живой звучащей речи (к диктору подсоединяли три датчика — рот, нос, горло — и выводили их на пневмоосциллограф) анализировалось большое число параметров звука: гласный или согласный, глухой или звонкий, краткий или долгий, смычный или щелевой, взрывной или имплозивный, есть ли движение тона.

Каждый язык исследовался всеми этими методами, что представляло собой огромную трудоемкую работу. Аспирант брал одну маленькую тему (например, вокализм или консонантизм шорского языка) на три года и далеко не всегда успевал в это время уложиться.

«Где-то с 1990-х годов мы начали использовать компьютерные программы создания и обработки звуковых файлов. В 2009 году Президиум СО РАН объявил конкурс на проведение фундаментальных междисциплинарных комплексных исследований. На протяже-

нии шести лет мы работали в сотрудничестве с коллегами из Международного томографического центра СО РАН и Института химической биологии и фундаментальной медицины СО РАН. Они предоставили нам исследовательскую базу, оборудование, консультацию своих специалистов-медиков, а самое главное — провели огромную работу по адаптации медицинских методик получения и интерпретации объективных данных, фиксации работы речевого аппарата применительно к цели экспериментальных фонетических исследований», — рассказывает **Ираида Яковлевна**.

С помощью предоставленной аппаратуры осуществлялась визуализация артикуляционных настроек. У ученых появилась возможность получать данные магниторезонансного томографирования. В отличие от рентгена, этот метод абсолютно безвредный, поэтому исследователи смогли записывать с каждого диктора большие массивы информации. Также с помощью адаптированных в ИХБФМ медицинских методов лингвисты стали получать ларингограммы. Технология работает следующим образом: диктору в нос вводится датчик — маленькая камера, с помощью которой фиксируются данные работы голосовых связок. Эта методика

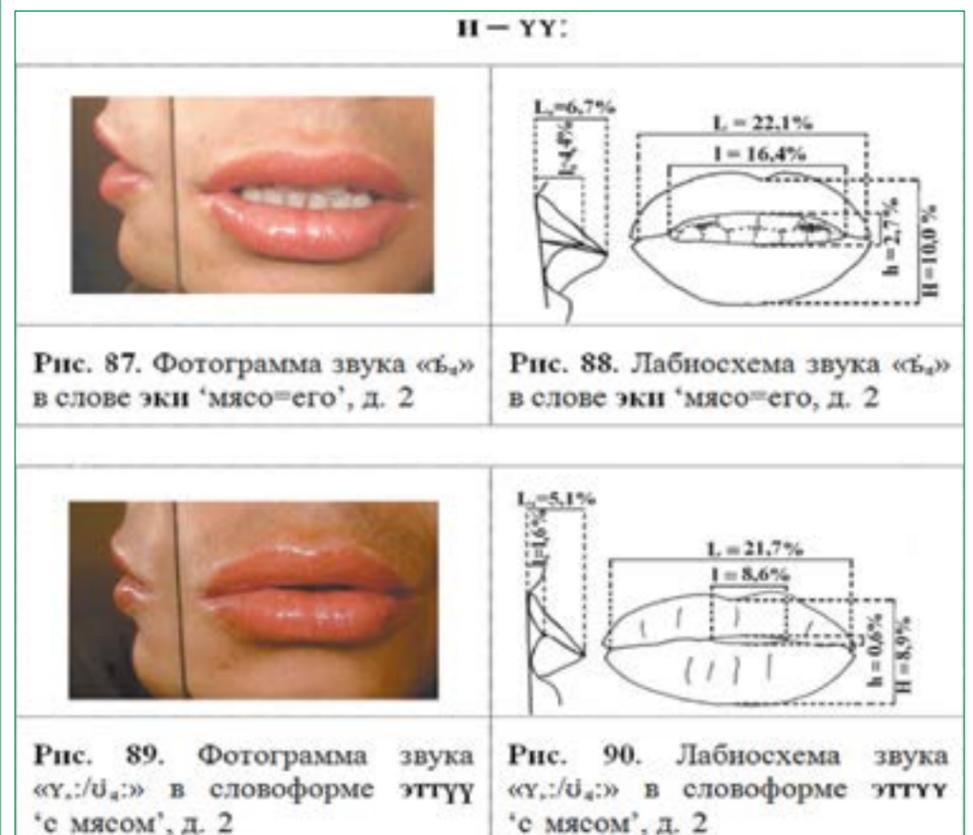
применительно к фонетике пока еще находится на стадии отработки.

Оказалось, что учение об артикуляционно-акустических базах является очень продуктивным и информативным историко-лингвистическим источником для изучения этногенетических процессов. Особенно актуально оно применительно к истории многих народов Сибири, которая из-за отсутствия у этих народов письменности не нашла отражения в письменных памятниках.

Что такое артикуляционно-акустическая база? Это система произносительных настроек в совокупности с их акустическими эффектами. Она свойственна каждому этносу, складывается на самых ранних этапах его формирования и сохраняется на протяжении многих веков — передается от родителей к детям, из поколения в поколение. Можно быстро перенять лексику, грамматику другого языка, но реликтовые отголоски в произношении долго будут выдавать в вас человека с иным происхождением.

Именно устойчивая артикуляционно-акустическая база мешает нам при изучении иностранного языка избавиться от акцента, потому что наш артикуляционный аппарат «настроен» на произношение определенных звуков.

Так, в некоторых тюркских языках народов Сибири присутствует фарингализация. По одной из теорий (к ней одновременно пришли **Владимир Михайлович Наделяев** и известный советский лингвист **Владислав Маркович Иллич-Свитыч**) ее появление связано с падением сильных согласных. На территории Южной Сибири когда-то обитали угро-самодийские племена, потом туда пришли тюрки, для системы согласных которых было характерно тройное противопоставление сильных, слабых и сверхслабых согласных. Для угро-самодийских языков сильная артикуляция была неприемлема. Завоеванный народ вынужден был усвоить язык завоевателей, но сохранил свою артикуляционную базу. Этому способствовало еще и то, что этнические группы угро-самодийцев жили компактно и не расселялись на большие территории. Однако им необходимо было как-то передавать семантику сло-



Фотограммы и лабиосхемы киргизских гласных

воформ, которые различали в тюркском языке сильные, слабые и сверхслабые согласные. И тогда сильные согласные стали реализовываться как слабые, но долгие, а отпавшая сильная артикуляция заместилась фарингализованным произношением предшествующего гласного. Например, в языках народов Южной Сибири в интервокальной позиции реализуются глухие согласные, которые по закону современных тюркских языков в этой позиции употребляться не могут, они здесь озвончаются. Но в южносибирских языках произносятся именно те глухие согласные, которые были когда-то сильными и реализовались как долгие.

«Конечно, по языку нельзя досконально восстановить, что происходило с народом, в каком веке он был завоеван тюрками, что было с ним до этого. Всё это собирается по мелким крупичкам, и только совокупность данных — исторических, археологических, этнографических, лингвистических и, в частности, экспериментально-фонетических — дает нам возможность осторожно высказать какую-то гипотезу, а уже историки языка должны определить, верна она или нет», — говорит исследовательница.



Процесс получения ларингограммы

Более того, сибирские лингвисты заметили, что системы языков современных северных алтайцев: кумандинцев, челканцев, тубинцев, а также алтай-кижи строятся на оппозиции кратких, долгих и нейтральных согласных. «Эти долгие согласные по своему происхождению являются сильными согласными языка-суперстрата, — объясняет Ираида Яковлевна Селюткина. — И то, что мы фиксируем в языках северных алтайцев, дает нам основание предполагать, что они были по происхождению не тюрками, а угро-самодийцами. Мы же изучаем также и угро-самодийские языки, и в их языках сильные согласные не реализуются. Кроме того, мы видим, что этнографы, историки и археологи фиксируют тот факт, что на территории Южной Сибири жили угро-самодийцы. Совокупность всех этих данных дает нам основания делать определенные выводы об этногенезе народов Севера Алтая и некоторых народов Саяно-Алтайского нагорья».

Суперстрат — язык «пришельцев», который не смог вытеснить язык местного населения (как правило, покоренного этими «пришельцами»), но оставил в последнем более или менее отчетливые следы на различных уровнях языковой структуры (прежде всего в фонетике и грамматике).

Другой пример: в тунгусо-маньчжурском языке эвенов присутствует фарингализация гласных, отсутствующая в других тунгусо-маньчжурских языках. Этот факт дал Владимиру Михайловичу Наделяеву основание для построения гипотезы о том, что эвены когда-то не были тунгусо-маньчжурами. Этот народ принадлежал к какой-то другой семье, но в процессе миграции из Прибайкальского региона на Северо-Восток усвоил тунгусо-маньчжурский язык.

Поскольку эвены передвигались компактно и территориально не распадались как этнос, они сохранили свою артикуляционную базу, одной из типичных характеристик которой была фарингализация гласных.

Также, благодаря тому, что в халха-монгольском языке артикуляционная система базируется на оппозиции сильных, слабых и сверхслабых согласных, можно предположить, что халха-монголы являются по происхождению тюрками. Собранный массив данных позволил исследователям сделать предположение, что у народов Сибири само строение артикуляционного аппарата имеет свои особенности.

«Черпаловидная надгортанная связка у наших южно-сибирских тюрков по сравнению с этим же органом у русских, бурят и даже турок отличается большей длиной (вплоть до двух миллиметров) и меньшей толщиной, — рассказывает Ираида Яковлевна. — Конечно, на данном этапе это только наше предварительное наблюдение, которое нужно еще доказывать и проверять. Вполне возможно, что оно окажется ошибочным. Однако если оно подтвердится, то станет основанием для дальнейших тщательных широкомасштабных исследований (и для генетиков, и для биологов, и для лингвистов)».

Для продолжения изучения этого вопроса ученым необходимо найти источник финансирования. До реформы Академии наук много монографий, посвященных языкам малых народов Сибири, удалось издать благодаря целевой программе издательской деятельности СО РАН. Сейчас грант, в рамках которого велись исследования, подошел к концу. Возможно, их удастся продолжить благодаря мегагранту на базе Томского государственного университета, полученному Институтом языкознания РАН.

Диана Хомякова
Фото предоставлены исследователями

УЧЕНЫЕ ЗА НЕСКОЛЬКО МИНУТ РАСПЛАВИЛИ САМЫЙ ТУГОПЛАВКИЙ МАТЕРИАЛ В МИРЕ

Ученые из Института ядерной физики им. Г.И. Будкера СО РАН совместно с коллегами из Института химии твердого тела и механохимии разработали новую технологию получения изделий из карбида гафния — материала с самой высокой температурой плавления.

Этот материал настолько термостойкий, что сможет выдержать тепловые нагрузки, возникающие при движении гиперзвуковых летательных аппаратов в плотных слоях атмосферы, а кроме того, обеспечит ускорители мощными и долговечными катодами. При классической технологии производства на получение карбида уходит несколько часов, в то время как предложенный учеными метод электронно-лучевой сварки позволяет получить тот же результат за несколько минут.

Уникальные свойства карбида гафния (соединения гафния с углеродом, химическая формула HfC) — тугоплавкость, высокая стойкость к коррозии — известны давно, в основном его используют при изготовлении оборудования для ядерных реакторов. Но получить монолитные изделия из этого материала очень сложно. Температура плавления карбида гафния — 3 953 °С, а максимально возможная температура в печи — примерно 2 500 °С. Это значит, что полностью расплавить карбид не получится никогда. Поэтому при традиционной технологии сначала получают карбид гафния нагревом смеси порошков гафния и углерода, затем его размалывают как можно мельче, прессуют и спекают, как керамику, десятки часов при максимально возможной температуре. Такое производство выходит энергозатратным и совсем не дешевым, при этом сам материал получается пористым, что плохо сказывается на его свойствах. Специалисты ИЯФ СО РАН и ИХТТМ СО РАН нашли более эффективный и дешевый способ его получения.

На первом этапе порошки углерода и гафния подвергаются процессу механоактивации путем прокручивания в шаровой мельнице — специальном устройстве для смешивания и измельчения твердых веществ до микроразмеров. В результате получается порошок из мельчайших частиц, в которых чередуются слои углерода и гафния, так называемый механокомпозит — заготовка для будущего карбида. В таком состоянии повышается реакционная способность материала.

Получившийся «микropорошок» исследуют на экспериментальной станции синхротронного излучения «Дифрактометрия в жестком рентгеновском диапазоне», на ускорителе ВЭПП-3 Сибирского центра синхротронного излучения ИЯФ СО РАН. Синхротронным называется любое излучение, которое возникает в результате поворота пучка заряженных частиц высоких энергий в пространстве. Здесь используется коротковолновое излучение с большой проникающей способностью, за счет чего возможно исследовать структуру всего образца целиком, а не только его поверхности.

Третий этап — нагревание смеси и запуск химических реакций направленным пучком электронов

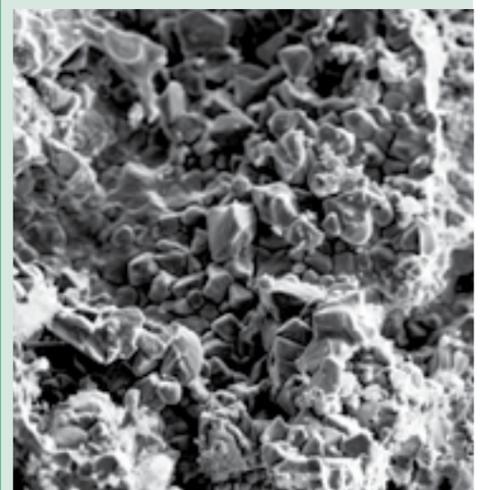
на установке для электронно-лучевой сварки. На этом этапе перед учеными изначально встал вопрос: в чем расплавить самое тугоплавкое соединение? В итоге решено было сделать так, чтобы карбид плавился «сам в себе»: технология строится так, что жидкий материал находится «в кольце» порошкообразного. В дальнейшем используется метод послойного добавления сырья, применяемый также для печати на 3D принтере: рисунок создается при помощи электронного пучка на первом слое порошка, затем подсыпается новый слой, процесс повторяется — и так до тех пор, пока форма не будет отлита полностью. Заключительный этап — контрольное просвечивание синхротронным излучением. В противовес классическому многочасовому спеканию в печи новый метод позволяет получать готовые детали за несколько минут.

По словам старшего научного сотрудника ИХТТМ СО РАН кандидата химических наук Алексея Анчарова, такой подход может применяться и для получения других, более дешевых (стоимость гафния — около 50 тысяч рублей за килограмм) материалов с подобными свойствами, в первую очередь карбидов и боридов тугоплавких металлов — тантала, вольфрама, молибдена.

Карбид гафния с успехом может применяться в сфере ракетостроения, в качестве внешнего покрытия для теплозащитных оболочек возвращаемых космических аппаратов типа «Буран». При помощи аддитивных технологий (послойного наложения материалов) возможно создавать композиционные покрытия с градиентом теплопроводности: первый слой должен выдерживать высокие температуры, возникающие при контакте с атмосферой, второй и последующие — плавно распределять тепло, а также изолировать от него внутреннюю часть аппарата.

Тугоплавкость и высокая способность отдавать электроны делает карбид гафния идеальным материалом для катодов ускорителей. Причем речь идет не только об исследовательских коллайдерах, но и о промышленных ускорителях производства ИЯФ СО РАН, которые применяются, например, для очистки выбросов электростанций и промышленных сточных вод, а также для электронно-лучевой стерилизации в медицине, фармакологии и пищевой промышленности.

Текст и фото пресс-службы ИЯФ СО РАН



Макросъемка плавленого карбида гафния

СЕРГЕЙ БАБИН: «ВАЖНО ВСЕГДА БЫТЬ НА ПЕРЕДНИХ РУБЕЖАХ»

Как показал проведенный недавно библиометрический анализ исследований в области лазеров по объему и цитируемости выпущенных научных публикаций и ссылок на международное сотрудничество, основной вклад российских ученых связан с волоконными лазерами, и лидером здесь является лаборатория волоконной оптики Института автоматики и электрометрии СО РАН, которая в этом году отмечает свое десятилетие.

«Наша лаборатория была создана в 2007 году для работы по интересной современной тематике — волоконной оптике. Тогда это направление было особенно актуально, сейчас уже понемногу начинается насыщение, переход в практическую фазу, но тем не менее научные задачи остаются и параллельно возникают новые направления, которые мы сейчас пытаемся развивать, — рассказывает заведующий лабораторией член-корреспондент РАН Сергей Алексеевич Бабин. — Это фемтосекундные технологии, которые помогают по-новому подойти к созданию оптических устройств (в виде чипов), микрорезонаторы, становящиеся элементами для нелинейного преобразования света в разных диапазонах длин волн и позволяющие генерировать излучение в очень широком спектральном диапазоне».

«Цитируемость работ означает их высокий приоритет и востребованность: авторы других исследований ссылаются либо на первые результаты по теме, либо на те решения, которые они далее используют или развивают в своей работе. Наиболее цитируемыми у нас являются работы по изучению волоконных лазеров со случайной распределенной обратной связью, которые были предложены в лаборатории. Такие лазеры максимально просты. Они представляют собой отрезок или катушку обычного пассивного световода, надо только завести туда излучение диода накачки. Необходимая для лазерной генерации обратная связь возникает из-за рассеяния излучения на естественных неоднородностях световода. Оказывается, эффективность преобразования в волокне некачественного излучения накачки в качественное лазерное излучение может быть очень высока, практически 100 %, в отличие от других типов лазеров здесь нет дополнительных потерь, связанных с наличием оптических элементов», — отмечает Сергей Бабин.

Эти исследования пока еще находятся на фундаментальной стадии, но, как показывают заинтересованность общественности и вал научных статей по этой теме, они вот-вот выйдут в практическую плоскость. Лаборатория волоконной оптики ИАиЭ СО РАН здесь кооперируется (и одновременно конкурирует) с группами из Великобритании и КНР, причем у китайских исследователей активно развивается практическая составляющая.

Другое важное направление, с которого началось международное признание достижений лаборатории, — так называемое турбулентное уширение спектра волоконных лазеров. Была проблема описать спектр волоконного

лазера большой длины. Как на воде, где есть большие волны и мелкая рябь и всё это друг с другом взаимодействует, так и со светом — при его распространении по длинному световоду генерируется очень много волн с разной частотой, и они создают хаос, описать который очень сложно. Эту проблему удалось решить с помощью кинетических уравнений, применяемых в гидродинамике. Модифицированная Евгением Владимировичем Подвиловым теория дала простой ответ, который хорошо описывает эксперимент, — ширина спектра растет как корень квадратный из произведения мощности лазера на его длину.

«Другое достижение связано с тем, что мы научились использовать эффект, который все считали вредным: если энергия импульса очень большая, излучение начинает взаимодействовать с молекулами среды (в данном случае — стекла), раскачивать колебания в них, и эти колебания рассеивают свет на смещенной в «красную» область частоте. Раньше получившееся рассеянное излучение всеми воспринималось как шум, который забирал всю лишнюю энергию и не позволял использовать ее для увеличения энергии основного импульса. Мы сделали для этого рассеянного излучения резонатор и из шума получили когерентный импульс на новой частоте», — поясняет Сергей Бабин.

Эти работы также хорошо цитируются. Пока они ведутся на фундаментальном уровне, но имеют и хорошие перспективы практического использования, в частности в биомедицине. Например, для визуализации холестериновых бляшек в сосудах.

«Здесь нужны два пикосекундных импульса со строго заданной разностью частот, соответствующей колебаниям того вещества, которое мы хотим увидеть. Колебания резонансно раскачиваются и усиливают рассеяние света, и мы видим, где именно расположен холестерин. И здесь как раз очень удобно использовать генерацию импульсов на нужной частоте с помощью нашего способа генерации импульсов на основе комбинационного рассеяния света», — говорит Сергей Бабин.

В биомедицине применять лазеры начали довольно давно, но, как отмечает исследователь, пока еще это происходит в достаточно «грубом» режиме, когда лазерный луч используется в качестве хирургического скальпеля. Есть более тонкие применения, связанные с оптической визуализацией, когерентной оптической томографией — и за ними будущее. Оптическая диагностика становится одним из основных инструментов в медицине.

Другое перспективное направление — оптическая связь, где тоже используются разные типы лазеров. Например, одна из высокоцитируемых работ лаборатории — демонстрация самого длинного в мире волоконного лазера, протяженность которого составляет 300 км. Его можно реализовать в обычной линии связи и использовать для усиления информационного сигнала (и тогда не потребуется ставить промежуточные оптические усилители в линию). Уже проведены первые пробные эксперименты с госкорпорацией «Ростелеком», есть и

другие заинтересованные в этой технологии компании.

Развитие волоконно-оптического направления, которое в 2007 году только давало первые результаты, к сегодняшнему дню уже привело к созданию нескольких промышленных предприятий. Например, компания «Инверсия-Сенсор» (Пермь) производит волоконные сенсорные системы, где используются волоконные лазеры и датчики, разработанные в ИАиЭ СО РАН.

Компания «Инверсия-Файбер» (Новосибирск) специализируется на узкополосных одночастотных волоконных лазерах, так называемых лазерах с регулярной распределенной обратной связью. Они очень компактные, стабильные и дают узкую линию генерации, широко используются в сенсорных системах для опроса датчиков, в связи, метрологии, в частности в новых оптических стандартах частоты для системы ГЛОНАСС (лазерные стандарты гораздо более точные, чем, например, цезиевые). Также в стадию практических применений переходит научное направление, связанное с преобразованием излучения волоконного лазера из инфракрасного диапазона в видимый, в первую очередь сине-зеленый. Это открывает перспективы его использования в биомедицине: проточных цитометрах, ДНК-секвенаторах, рамановских спектрометрах.

«Волоконные сенсоры сейчас активно внедряются в промышленность: нефте- и газопроводы, гидроэлектростанции, капитальное строительство, высотные здания, мосты, крыши стадионов, сложные элементы конструкций, где нужно следить, чтобы не произошло критических деформаций, сдвигов, вибраций, — отмечает Сергей Бабин. — Фактически волокно встроено в объект, например в фундамент или конструкцию здания: есть разъем, к которому подключается система опроса с лазером, и по показаниям рассеянного или отраженного света можно посмотреть, как изменилась температура, какая произошла деформация. Это направление уже вышло на стадию массового промышленного производства волоконных систем мониторинга, в котором созданная сотрудниками лаборатории компания «Инверсия-Сенсор» является одним из лидеров в России и мире.

В стадии научно-технической проработки сейчас находится технология встраивания волоконных сенсоров в так называемые умные композитные материалы — например, авиационные материалы из углепластика. Они гораздо легче и прочнее, чем тот же алюминий, но есть риск трещин, которые необходимо вовремя обнаружить. В углепластик вместе с волокнами, являющимися элементами конструкции, встраивается оптическое волокно с датчиками, сформированными в волокне фемтосекундным излучением, благодаря чему всегда можно будет отследить поле деформации материала.

«Эти «умные» материалы сейчас активно развиваются в мире, и мы со своими технологиями как волоконных датчиков, так и лазеров, которые используются для записи датчиков и их опроса, участвуем в кооперации, где наша задача — сформулировать фи-



Установка фемтосекундной модификации прозрачных материалов

зические, фундаментальные законы. Затем организации, с которыми мы взаимодействуем, — это в первую очередь ФГУП «ВИАМ» (Москва), «Инверсия-Сенсор» и Пермская научно-производственная приборостроительная компания — реализуют их в практических устройствах, — рассказывает Сергей Бабин. — Взаимодействие с предприятиями является одним из принципов, на которых лаборатория строилась. Формирование лаборатории началось еще до 2007 года, когда ресурсов практически не было, поэтому тогда мы выбрали такой способ — одновременно заниматься наукой и производством приборов, чтобы зарабатывать деньги для научных исследований.

Но с 2007 года ситуация начала меняться, появились гранты, в несколько раз увеличилось бюджетное финансирование. В 2014 году лаборатория получила большой грант Российского научного фонда, который помог создать ресурсную базу для развития новых направлений. Теперь у нас есть возможность разделять науку и производство, ведь разделение труда — это двигатель прогресса. При этом я всегда делаю ставку на молодежь. У нас большой проток — люди приходят, потом защищаются и уходят либо на предприятия-партнеры, либо в наши дружественные лаборатории (например, в Пермском политехническом университете и Новосибирском государственном университете уже есть две, сейчас формируются еще две с помощью наших же сотрудников).

Мы выстраиваем взаимодействие с бизнесом, университетами, большое внимание уделяем международному сотрудничеству, выступаем с приглашенными докладами на ведущих международных конференциях и сами уже десять лет проводим семинар, на который съезжаются ведущие разработчики волоконных лазеров. Это очень важно — всегда быть на передних рубежах и соревноваться с самыми лучшими, только тогда чего-то можно добиться. А если сидеть на одном месте, ты можешь быть первым в своем районе, но по сравнению с мировым уровнем всегда будешь проигрывать».

Диана Хомякова. Фото предоставлено Сергеем Бабиным