



# Наука в Сибири

ГАЗЕТА СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК • ИЗДАЕТСЯ С 1961 ГОДА

2 февраля 2017 года • № 4 (3065) • электронная версия: [www.sbras.info](http://www.sbras.info) • ISSN 2542-050X • 12+



**КАК МЕДИКАМ ПОМОГАЮТ  
МАТЕМАТИЧЕСКИЕ  
МОДЕЛИ**

**стр. 4**

**ТРИ ПРОЕКТА  
ДЛЯ СОЗДАНИЯ  
ПРОРЫВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ**

**стр. 6**

**РАЗРАБОТКИ ИРКУТСКИХ  
ЭНЕРГЕТИКОВ  
ПОВЫСЯТ КАЧЕСТВО  
ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ**

**стр. 7**

## СОТРУДНИКАМ СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

Дорогие коллеги!

*Президиум Сибирского отделения РАН поздравляет вас с профессиональным праздником — Днем российской науки!*

Прошел еще один год, ставший важным шагом вперед на пути непростого реформирования научной деятельности в нашей стране. Пятилетнее ожидание выборов новых членов РАН завершилось долгожданным событием — избранием сорока пяти выдающихся ученых Сибирского отделения в члены Российской академии наук. Впервые выборы в Академию наук проходили в новом расширенном формате — добавились медицинское и сельскохозяйственное отделения.

Сибирь — территория высокого научного потенциала международного масштаба. В наступившем году Сибирское отделение ждут судьбоносные изменения — выборы нового председателя; в мае состоится празднование 60-летия образования

Сибирского отделения РАН. Но какие бы ни происходили глобальные изменения, самоотверженный труд и научные исследования ученых в каждой лаборатории, институте, во всей Академии наук всегда будут направлять развитие науки на благо общества.

Особое место в праздновании Дня науки принадлежит популяризаторской деятельности ученых — привлечению к занятиям наукой и увлечению полетом исследовательской и творческой мысли детей, школьников, молодежи. Сегодня популяризаторская деятельность ученых приобретает не только характер просвещения и образования, но и общественного долга.

К нашим поздравлениям хочется добавить пожелания успехов, творческой радости, оправдания самых смелых надежд всему научному сообществу Сибирского отделения РАН.

И.о. председателя СО РАН  
академик Р.З. Сагдеев

И.о. главного ученого секретаря  
СО РАН к.ф.-м.н. Н.Г. Никулин

## НОВОСТИ

### СО РАН ВЫПОЛНИЛО ГОСЗАДАНИЕ 2016 ГОДА

*Президиум Российской академии наук утвердил отчет ее Сибирского отделения по итогам решения задач регионального, федерального и международного значения.*

Как сообщил членам президиума РАН председатель Сибирского отделения академик Александр Леонидович Асеев, за 2016 год СО РАН провело 509 экспертиз, в том числе таких документов, как «Стратегия научно-технологического развития РФ на долгосрочный период», «Концепция программного управления реализацией научных исследований, осуществляемых в соответствии с Программой фундаментальных научных исследований государственных академий наук на 2013–2020 годы» (нормативный документ ФАНО), «Стратегия управления качеством в ОАО «РЖД» (по запросу руководства корпорации), «Стратегия развития Биотехнопарка в наукограде Кольцово на 2015–2030 годы», проекта «Осуществление экологического мониторинга Ямало-Ненецкого автономного округа» (по запросу правительства ЯНАО). «Округ сегодня является основным регионом добычи газа и нефти в Российской Федерации, — подчеркнул А. Асеев. — Но в условиях потепления здесь происходят весьма тревожные процессы, тает вечная мерзлота, идет разрушение поверхности, образуются кратеры».

Эксперты Сибирского отделения приняли участие в подготовке материалов для докладов Президенту России о состоянии фундаментальных наук в Российской Федерации и Сибирском регионе, а также о важнейших результатах, полученных сибирскими учеными в 2016 г., и кабинету министров — об итогах реализации в прошедшем году Программы фундаментальных исследований государственных академий наук на 2013–2020 гг. Кроме этого СО РАН оценило результаты деятельности 14 научных организаций Сибири, подведомственных ФАНО, а также направило свои предложения в концепции программ развития ФИЦ Якутский научный центр СО РАН и Сибирского федерального научного

центра агробιοтехнологий РАН.

По информации начальника управления организации научных исследований СО РАН кандидата физико-математических наук Андрея Витальевича Аникеева, сибирские ученые составили рекомендации по методике оценки состояния национальной безопасности Российской Федерации по стратегическим национальным приоритетам, предложения в Стратегию развития РАН, в «дорожную карту» выполнения программы реиндустриализации экономики Новосибирской области, по комплексному решению проблемы озера Байкал. Сибирское отделение выступило интегратором совместных исследований с научными организациями Республики Беларусь, для чего активно участвовало в III форуме регионов РБ и РФ и в расширенном заседании Межакадемического совета по проблемам развития Союзного государства. При соучредительстве СО РАН был организован прошедший в июне 2016 года международный форум «Технопром».

«Особенностью 2016 года, — отметил Андрей Аникеев, — стал конкурс так называемых базовых проектов в рамках программ фундаментальных научных исследований на 2017–2020 годы. Итогами конкурса стали перечень победителей и предложение президиума СО РАН о включении их проектов в государственные задания научных организаций ФАНО России». Продолжало Сибирское отделение издательскую и научно-популярную деятельность: выпустило 15 монографий, плановый тираж 28-ми научных журналов и 50-ти номеров газеты «Наука в Сибири»; в рамках дней науки только в Новосибирске прошло 54 встречи ученых с молодежью.

Оценивая итоги работы СО РАН в 2016 году, президент Российской академии наук академик Владимир Евгеньевич Фортов констатировал: «Сибирь, как всегда, очень интенсивно проводит исследования, и наука здесь традиционно на хорошем уровне».

Соб. инф.

## В КРАСНОЯРСКЕ ОБСУДИЛИ ПРОБЛЕМЫ РЕОРГАНИЗАЦИИ НАУЧНЫХ ЦЕНТРОВ

*В Красноярске прошло совещание по проблемам реорганизации региональных научных центров, в котором приняли участие представители подведомственных ФАНО научных организаций из городов России. Цель мероприятия — выработать согласованную систему координат «перестройки».*

«Нам необходимо найти оптимальную для сегодняшнего состояния дел схему развития науки в регионах, адекватную и экономическому состоянию, и правовой системе, сформированной в государстве. Мы должны полностью взять на себя ответственность за то решение, которое будет принято. Конечно, важно сохранить отдельные организации, но, самое главное, мы должны помнить, что толковые молодые специалисты пойдут в них тогда, когда там будут созданы нормальные условия для серьезной научной деятельности — соответствующая школа, материальная база. Федеральное бюджетное финансирование не сможет обеспечить и то, и другое, — отметил руководитель Федерального агентства научных организаций России Михаил Михайлович Котюков. — Если мы сейчас сохраним в регионах какие-то институты только из-за того, что они нам дороги как память, завтра мы не сможем обеспечивать им необходимое развитие. И это приведет к тому, что направление просто эволюционно закон-

чится — из-за того что сегодня не было принято никакого решения. 2017 год необходимо посвятить решению судьбы региональных научных центров».

По словам чиновника, сегодня во многих сферах наблюдается укрупнение, идет консолидация бизнес-структур, и очень часто всё замыкается на принятии решения в Москве. В таких условиях научным организациям важно иметь соответствующий национальный статус. «Оставаясь не очень крупным коллективом, решающим локальные научные задачи, можно просто в этом ландшафте не найти своего места для развития. Это внешний вызов, который мы должны решить», — говорит Михаил Котюков.

Приоритетные направления, в которых сконцентрируются усилия, будут определяться Стратегией научно-технологического развития, подписанной первого декабря 2016 года Президентом РФ. Однако пока еще есть место для маневра. Глава ФАНО готов обсуждать все предложения по поводу подотчетности, выбора руководителей и определения научных вкладов региональных отделений.

«Это мероприятие нужно сделать регулярным, следующее можно провести в Перми, Владикавказе, Хабаровске или, например, собраться в Новосибирске и обсудить все региональные центры Сибири», — говорит Михаил Котюков.

Соб. инф.

## В ДЕНИСОВОЙ ПЕЩЕРЕ ОБНАРУЖЕНЫ КОСТИ ЛОШАДИ ОВОДОВА

*Ученые из Института молекулярной и клеточной биологии СО РАН, исследуя найденные при раскопках в Денисовой пещере костные останки, обнаружили, что одна из костей принадлежит лошади Оводова — зebroслоподобному существу, которое жило на Алтае 30 тысяч лет назад, одновременно с денисовским человеком.*

«Эта лошадь называется лошадью чисто формально. Если мы ее представим, то она больше будет похожа на что-то среднее между ослом и зеброй — коротконогая, маленькая и не такая грациозная, как обычные лошади», — рассказывает младший научный сотрудник лаборатории сравнительной геномики Анна Сергеевна Дружкова.

Возраст самых последних палеонтологических находок — около 18 тыс. лет. «Находка подтверждает, что на Алтае в те времена было намного большее видовое разнообразие, чем сейчас, в том числе фауна была представлена и такими экзотическими видами. Не исключено, что денисовский человек и другие обитатели древнего Алтая охотились на лошадь Оводова», — отмечает заведующий лабораторией сравнительной геномики ИМКБ СО РАН кандидат биологических наук Владимир Александрович Трифонов.

Сибирские биологи исследуют костные останки лошадей не только с Алтая, но и из Бурятии, Монголии, европейской части России. Для некоторых из них уже получены полные митохондриальные геномы, и можно посмотреть, к каким современным породам они ближе. В частности, молекулярные технологии помогают палеонтологам с точностью до вида определить происхождение того или иного фрагмента кости. Один неполный митохондриальный геном лошади Оводова возрастом 48 тыс. лет из Хакасии был исследован ранее, и, сравнив с ним загадочный

образец из Денисовой пещеры, представленный учеными из Института археологии и этнографии СО РАН, ученые поняли, что тот относится к тому же виду животных.

Благодаря современным методам секвенирования, обогащению библиотек для секвенирования искомыми фрагментами и тщательно проведенной сборке мт генома, впервые был получен полный митохондриальный геном лошади Оводова и достоверно показано присутствие ранее неизвестного вида из семейства лошадиные на территории современного Алтая.

«В Денисовой пещере обычно датировки всех костных останков можно определить по слоям. Эта находка была из слоя 9.1, возраст которого примерно 20 тысяч лет. Однако когда мы сделали радиоуглеродный анализ этого образца, то обнаружили, что он еще старше. То есть, похоже, произошла повторная экскавация (перемещение костных останков из более глубоких слоев). Это еще раз говорит о том, что надо аккуратно относиться к датировкам по слоям», — горит Анна Дружкова.

Впервые лошадь Оводова была описана в 2009 году известным российским археологом Николаем Дмитриевичем Оводовым по материалам из Хакасии. Ранее считалось, что подобные кости принадлежат кулану. После более тщательного морфологического и, главное, генетического анализа выяснилось, что южносибирские «куланы» к настоящим куланам отношения не имеют, а являются реликтами группы архаичных лошадей, по большей части вытесненных лошадьми типа тарпана и лошади Пржевальского.

Соб. инф.

## УБЕЖАТЬ ЗА НАНОСЕКУНДУ



Д.Э. Закревский и П.А. Бохан

Ученые из Института физики полупроводников имени А.В. Ржанова СО РАН изучили новый тип разряда, применение которого способно увеличить эффективность используемых в различных сферах газовых лазеров. За это исследователи получили премию Правительства Российской Федерации.

Лазер — источник излучения, характеризующийся строгой направленностью и большой плотностью энергии. В зависимости от рабочего тела (своего рода наполнителя) лазеры могут быть твердотельными, жидкостными, химическими или газовыми. Последние представляют собой специально сконструированную кювету (сосуд), заполненную газовой смесью. Для работы устройства производится «накачка» смеси: то есть атомы, ионы или молекулы в ней возбуждаются высоковольтным импульсом. Сама кювета изначально помещена между двумя зеркалами: полностью отражающим и полупрозрачным, через которое выводится лазерное излучение. Оно обладает уникальными физическими параметрами, такими как когерентность, интенсивность, мощность и т.д., из-за чего устройства лазерной физики используются во многих областях науки и техники: в медицине, при обработке металлов и материалов и во многих других сферах.

Получившая премию работа была проведена пятью инициативными группами ученых из разных городов. Вклад в нее внесли и сотрудники новосибирского ИФП СО РАН. В числе лауреатов премии Правительства РФ 2016 года — главный научный сотрудник института доктор физико-математических наук Пётр Артёмович Бохан и заведующий лабораторией газовых лазеров кандидат физико-математических наук Дмитрий Эдуардович Закревский.

Работа объединившихся коллективов связана с исследованием нетрадиционных разрядов, функционирующих в плотных газах в сильных электрических полях. У таких разрядов есть одна особенность — наличие эффекта ускорения (убегания) электронов до высоких энергий. То есть электроны приобретают энергии больше, нежели теряют, сталкиваясь с частицами газа, — потому электроны и переходят в режим непрерывного убегания. Подобные разряды оказались высокоэффективными источниками электронов.

Электрический разряд представляет собой протекание тока в газе между двумя электродами — катодом и анодом. Это проводники электричества: один, например, заземлен, а второй располагается на определенном расстоянии от него. Между ними как раз и происходит разряд.

— Мы изучали процессы, протекающие в малых (0,1–10 мм) разрядных промежутках при напряжениях в десятки киловольт, — рассказывает Петр Бохан. — Это позволило создать новую разновидность газового разряда — так называемый «открытый разряд». В нем хотя бы один электрод является сетчатым, то есть представляет из себя металлическую сетку. Благодаря такой структуре процессы вне

разрядного промежутка влияют на эмиссию (испускание электронов) и развитие тока в самом промежутке.

Открытый разряд может генерировать в газах с давлением 10–100 мм ртутного столба интенсивные электронные пучки с эффективностью (КПД) свыше 90 %. Правда, ученым пришлось разбираться с эмиссией электронов, их размножением, динамикой и характером распределения электрических полей, так как многие полученные результаты не соответствовали представлениям традиционной физики газового разряда. Слишком большая эффективность генерации вызывала недоумение у научного сообщества.

Проведенные физиками ИФП СО РАН исследования позволили обнаружить и объяснить совершенно новые явления, протекающие в субнаносекундном диапазоне времени, и создать на этой основе новые приборы: генераторы электронных пучков и коммутаторы.

— В лазерной физике одна из проблем заключается в том, что традиционный способ возбуждения — накачка газовым разрядом — хоть и самый простой и распространенный, но ограничивает возможности некоторых типов газовых лазеров, — поясняет Дмитрий Закревский. — Наши эксперименты продемонстрировали новые качества и свойства лазеров при электронно-пучковом возбуждении: улучшение энергетических параметров и эффективности генерации, изменение режимов функционирования (переход от импульсной к непрерывной генерации). А меняя способ и механизмы возбуждения лазерных уровней, мы получили новые линии излучения в другом спектральном диапазоне (которые отличаются по цвету).

Получившая награду работа «Фундаментальные исследования не локальных процессов в электрических разрядах в плотных газах и создание устройств высоковольтной техники для импульсной энергетики» была сделана несколькими инициативными группами. Это ученые из московского Объединенного института высоких температур РАН, Всероссийского научно-исследовательского института экспериментальной физики города Саров, Института электрофизики Уральского отделения РАН, рязанского ООО «Импульсные технологии», а также новосибирского ИФП СО РАН. На основании результатов фундаментальных исследований авторами созданы новые импульсные электрофизические устройства и элементы мощной высоковольтной импульсной техники. Это газоразрядные устройства, в которых используется генерация пучков убегających электронов при высоких перенапряжениях: генераторы пикосекундных электронных пучков, рентгеновского излучения, нейтронов, ультразвука, плазменных экранов, газовые и полупроводниковые лазеры с накачкой

## ДИРЕКТОРУ ИНСТИТУТА БИОФИЗИКИ СО РАН АКАДЕМИКУ АНДРЕЮ ГЕОРГИЕВИЧУ ДЕГЕРМЕНДЖИ — 70 ЛЕТ

Дорогой Андрей Георгиевич!

Президиум Сибирского отделения Российской академии наук и Объединенный ученый совет СО РАН по биологическим наукам сердечно поздравляют Вас с 70-летием со дня рождения!

Крупнейший ученый в области экологической и математической биофизики, Вы широко известны фундаментальными исследованиями состояния водных экосистем и качества воды, физико-химических механизмов и закономерностей формирования и устойчивого сосуществования лабораторных и природных популяций микроорганизмов и их успешным практическим применением к водным экосистемам Сибири.

Более 20 лет Вы возглавляете Институт биофизики СО РАН, который под Вашим руководством продолжает успешно развиваться. Он широко известен в России и за рубежом благодаря замечательным результатам в области создания производства биопластмасс для медицинских целей, биолюминесцентных методов диагностики и конструирования замкнутых экологических систем жизнеобеспечения человека.

Ваш организаторский талант и прекрасные человеческие качества сплачивают коллектив института и привлекают молодежь. В Вашем коллективе, благодаря Вам, царят теплые дружеские отношения, доброжелательность и взаимопомощь, оптимизм и увлеченность наукой.

Ваши коллеги и друзья любят и ценят Вас за активную жизненную позицию, эрудированность, целеустремленность, а также за Ваш неиссякаемый юмор.

Дорогой Андрей Георгиевич, в непростое время реорганизации желаем Вам крепкого здоровья, счастья и благополучия Вам и Вашим близким, новых научных достижений, воплощения в жизнь Ваших творческих замыслов! Желаем также процветания и развития возглавляемому Вами коллективу института!

Председатель СО РАН академик А.Л. Асеев  
Председатель ОУС СО РАН по биологическим наукам академик В.В. Власов  
Главный ученый секретарь СО РАН академик В.И. Бухтияров

пучками электронов, а также высоковольтные скоростные газоразрядные коммутаторы нового поколения нано- и микросекундного диапазона длительностей импульсов.

Другим привлекательным результатом явилась разработка и исследование коммутатора на основе новых физических принципов. Коммутатор — это устройство переключения энергии, которое является элементом всех источников импульсного питания, применяемых в производстве, быту, науке. Фактически это ключ, который очень быстро перенаправляет запасенную энергию в нагрузку. Он способен перейти из непроводящего состояния в состояние высокой проводимости разрядного промежутка за минимальное время.

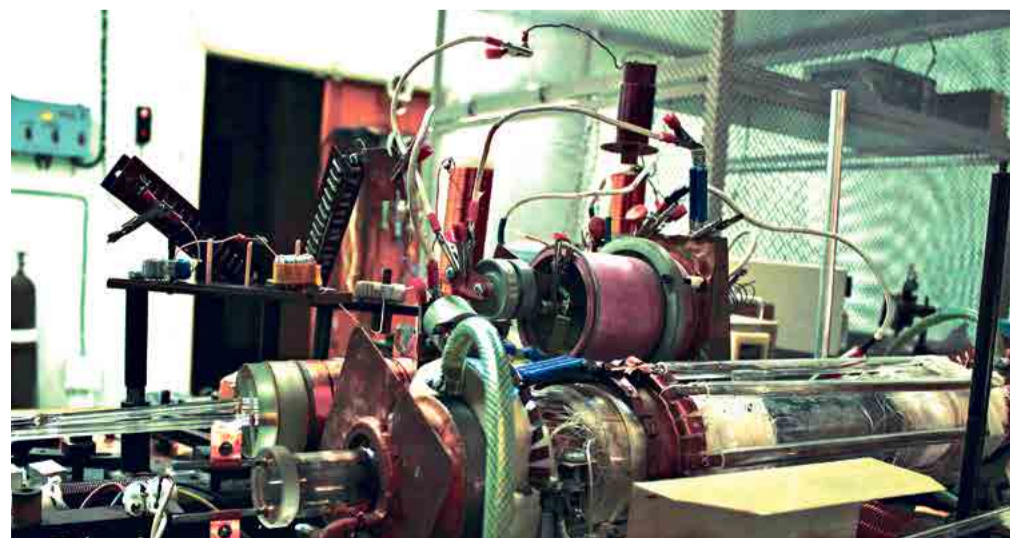
Разработанные учеными устройства позволяют коммутировать токи в десятки килоампер при напряжениях до 30 кВ с эффективностью коммутации более 90 %. В то же время скорость нарастания тока достигает килоампер в наносекунду, а самым ценным его качеством является способность функционировать с частотой до сотни кГц — это очень высокие показатели. Такие устройства перспективны при возбуждении газоразрядных лазеров, потому что их использование в системах питания позволяет уменьшать скорость нарастания импульса возбуждения. Это,

прежде всего, улучшает энергетические параметры газоразрядных лазеров: по результатам экспериментов увеличилась частота следования импульсов и мощность генерации.

— Другая группа работ связана с созданием генераторов пикосекундных импульсов ( $10^{-12}$  секунды) — добавляет Пётр Бохан. — Наши коллеги из Института электрофизики Уральского отделения РАН первыми начали делать генераторы с длительностью импульсов 100 пикосекунд, но на большое напряжение — 100, 200, 300 кВ — и частоту, равную 1 Гц. Мы же используем высокие частоты, но напряжение ниже, при этом достигая не меньшей продуктивности.

Предполагается, что когда коммутаторы и генераторы на основе открытого разряда будут введены в производство, энергия излучения и мощность существующих лазеров окажутся выше, нежели сейчас. По оценкам, если уменьшить длительность импульса накачки лазера с традиционных 20–50 наносекунд до одной, эффективность работы должна возрасти в несколько раз. Таким образом, увеличится КПД лазера и произойдет существенная экономия энергии, что важно из-за большой стоимости одного ватта лазерного излучения.

Алёна Литвиненко  
Фото автора



Газовый лазер

НАУКА ДЛЯ ОБЩЕСТВА

## СИБИРСКИЕ УЧЕНЫЕ РАБОТАЮТ НАД СИСТЕМОЙ ПРЕДУПРЕЖДЕНИЯ ОПАСНЫХ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ ЯВЛЕНИЙ



Алексей Кобзев и мобильный метеорологический комплекс

Исследователи из Института мониторинга климатических и экологических систем СО РАН (Томск) разрабатывают аппаратно-программный комплекс для заблаговременного обнаружения опасных метеорологических явлений: интенсивных ливней, крупного града, смерча. Подобная система поможет предупредить чрезвычайные ситуации — в том числе крушение воздушного судна ввиду погодных условий.

Проект «Разработка аппаратно-программного комплекса для автоматизированной системы оперативного обнаружения опасных метеорологических явлений конвективного происхождения и их потенциальных источников» на конкурс грантов Президента РФ представил научный сотрудник лаборатории экологического приборостроения ИМКЭС СО РАН кандидат технических наук Алексей Анатольевич Кобзев.

Аппаратно-программный комплекс в перспективе будет искать опасные метеорологические явления (ОМЯ) конвективного происхождения. Они связаны с кучево-дождевыми облаками размером до 10 км, время жизни которых не превышает одного часа. Поэтому службам Российского гидрометеоцентра сложно их отследить: на получение и обработку спутниковых снимков требуется слишком много времени, а метеорологических локаторов на всю территорию России пока не хватает.

Решить эту проблему может установка комплексов нового поколения, которые могли бы прогнозировать возникновение опасных метеорологических процессов и предупреждать чрезвычайные ситуации. — Идея проекта пришла к нам примерно полгода назад, — поясняет Алексей Кобзев. — Метеорологические приборы — это основной профиль нашей лаборатории. Одна из работ — оптический измеритель характеристик осадков: им я начал заниматься в рамках проектов и диссертационной работы. Другая — автоматический ультразвуковой метеорологический комплекс (АМК), который выпускается малыми сериями и даже стоит на снабжении в подразделениях Вооруженных сил РФ. В еще одном структурном подразделении ИМКЭС СО РАН — лаборатории физики климатических систем — занимаются исследованиями электрических параметров атмосферы. Именно на стыке этих направлений образовался проект, получивший грант.

Однако аппаратно-программный комплекс еще не создан полностью. На данный момент существуют только экспериментальные образцы измерителей — составные части, которые прошли лабораторные и натурные испытания. В систему входят три основных прибора: АМК, датчик напряженности электрического поля (ДНЭП) и оптический измеритель осадков.

Работать комплекс будет следующим образом: на основании состояния напряженности приземного электрического поля определяется близость конвективного облака. Это поле несет в себе внушительный заряд, который фиксируется благодаря ДНЭП. С помощью АМК и оптического измерителя осадков можно узнать основные метеорологические параметры: температуру и влажность воздуха, атмосферное давление, направление ветра. Исследователи получают эти данные с высоким временным разрешением (частотой): например, каждую секунду или чаще.

— Для сравнения: сведения от Российского гидрометеоцентра поступают раз в три часа, — добавляет Алексей Кобзев. — А мы, имея более быстрый доступ к информации, успеем определить возникновение опасных метеорологических явлений, их потенциальных источников и предвестников с помощью специально разработанного программного обеспечения. Понятно, что для решения задачи некоторым площадям потребуется сеть из таких комплексов, но это уже вопрос, обсуждаемый в будущем.

Важная особенность нового комплекса — возможность автоматически измерять ряд метеорологических параметров, которые не способны определить стандартные системы: скорость вертикального ветра, параметры турбулентности атмосферы, характеристики микроструктуры атмосферных осадков и грозовых разрядов... Раньше эти показатели не удавалось получить автоматически, тем более единым комплексом, из-за отсутствия соответствующих приборов: данные узнавали из расчетов на основе косвенных измерений. Сейчас спрогнозировать появление опасных метеорологических явлений можно будет точнее. Кроме того, все измерительные приборы являются отечественными разработками и ориентированы на применение комплектов, производимых в России.

Алёна Литвиненко  
Фото предоставлено  
Алексеем Кобзевым

## МОДЕЛИРУЯ БОЛЕЗНЬ

Работая с пациентом, врач анализирует симптомы, определяет заболевание и прописывает лекарства, но стандартная схема лечения эффективна не для всех. Дело в том, что организм каждого человека имеет свой иммунный ответ, зависящий от истории болезней и характеристик иммунокомпетентных клеток. Помочь медикам могут математические модели, которые разрабатывают в Институте вычислительной математики и математической геофизики СО РАН.

Младший научный сотрудник ИВМиГ СО РАН кандидат физико-математических наук Ольга Игоревна Криворотько получила президентский грант на разработку численных алгоритмов решения задач иммунологии и эпидемиологии.

Основанная на них компьютерная программа, опираясь на анализы крови и урины, будет способна описать индивидуальные параметры иммунитета с некоторой погрешностью и подстроить под них оптимальный план лечения, выбрав медикаменты с нужными фармакокинетическими свойствами.

Эти модели применимы не только в иммунологии, но и в эпидемиологии: службы здравоохранения с помощью аналогичных программ могут предсказывать вспышки заболеваний и предупреждать их. Например, в Сибири и на Дальнем Востоке туберкулез распространен больше, чем в других регионах страны: на основе статистических данных о заболевании за прошлые годы математические модели предскажут его развитие на десять или даже пятьдесят лет вперед.

В области иммунологии ученые уделяют внимание вирусным и бактериальным инфекциям, а недавно приступили к опухолевым заболеваниям. И если раньше работа была статистически-исследовательской, то в этом году ученые начали контактировать с иммунологами. В области эпидемиологии же сейчас разрабатывают алгоритмы для математических моделей туберкулеза и ВИЧ-инфекции — отчасти из-за актуальности этой проблемы, особенно для Новосибирской области, отчасти из-за того, что по этим заболеваниям существует много статистических данных. Люди с вирусом иммунодефицита нередко умирают именно из-за туберкулеза, поэтому создаются математические модели, решающие совмещенную задачу — они исследуют две болезни сразу.

Команда Ольга Криворотько и директора ИВМиГ СО РАН члена-корреспондента РАН Сергея Игоревича Кабанькина сотрудничает с лабораторией доктора физико-математических наук Алексея Алексеевича Романюхи из Института вычислительной математики

РАН. С согласия Министерства здравоохранения РФ ученым передают статистические данные по развитию туберкулеза в России с 2008 года — на основе этой выборки математические модели составляют карту прогнозов на будущие годы. Правда, результаты сильно разнятся от региона к региону: для Новосибирской и Московской областей, например, нужно делать разные расчеты.

Исследователи также ведут совместные работы с Сибирским федеральным биомедицинским исследовательским центром имени ак. Е.Н. Мешалкина. Разработка программного комплекса на основе математических моделей позволит хирургу провести виртуальную операцию на оцифрованной модели сердца, заранее узнать, как распределится давление в сосудах при тех или иных действиях и к каким последствиям это приведет.

В создании таких алгоритмов заинтересованы не только российские коллеги: ученые также исследуют модели туберкулеза для Научного центра противомикробных препаратов в Алма-Ате и сотрудничают со специалистами из Венского технического университета. Предоставленные данные (измерения, анализы) не откалиброваны для использования в обратных задачах, поэтому ученые применяют современные методы биостатистики обработки данных, а также ведут совместные работы в области биоинформатики.

«Изначально я исследовала распространение волн цунами: как быстро по информации о набегающей волне определить источник и эффективно рассчитать возможность затопления. Но XXI век — это век биологии, и мне поступило предложение перенести подходы к решению обратных задач на математические модели иммунологии и эпидемиологии», — говорит Ольга Криворотько.

Сложность модели зависит от количества компонентов, которые учитываются: чтобы рассмотреть инфекционные заболевания, достаточно грубой версии, которая покажет антитела, антигены, плазматические клетки и массу пораженного органа, но при исследовании более сложных недугов (например, гепатита В) усложнится и модель. Эти алгоритмы строятся по законам сохранения баланса масс, но в них есть индивидуальные для каждого пациента коэффициенты.

«Меня как математика эта работа интересует с точки зрения обратной задачи: используя дополнительную информацию, я пытаюсь восстановить эти коэффициенты», — рассказывает Ольга Криворотько.

Наталья Бобренок  
Фото предоставлено  
Ольгой Криворотько

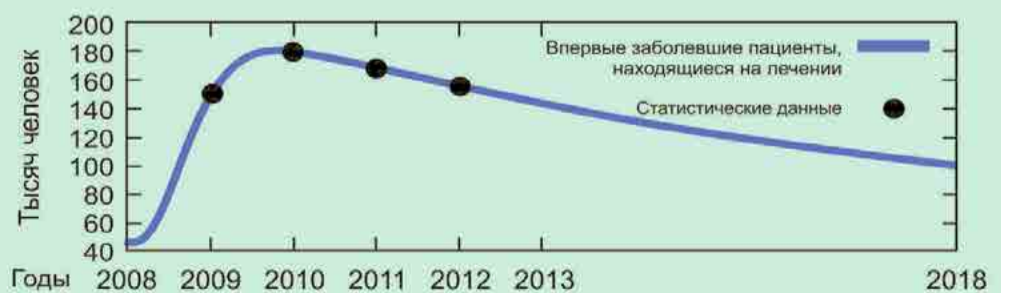


График прогноза впервые заболевших пациентов, находящихся на лечении



График прогноза больных пациентов с устойчивыми штаммами туберкулеза, находящихся на лечении

## КАМНИ ВНУТРИ НАС

*Сибирские ученые промоделировали, как в организме происходит патологическая кальций-фосфатная минерализация, и установили, что принятые сегодня методы лечения таких болезней, как остеопороз и атеросклероз, нуждаются в серьезной корректировке.*

### Откуда берутся кальцификаты?

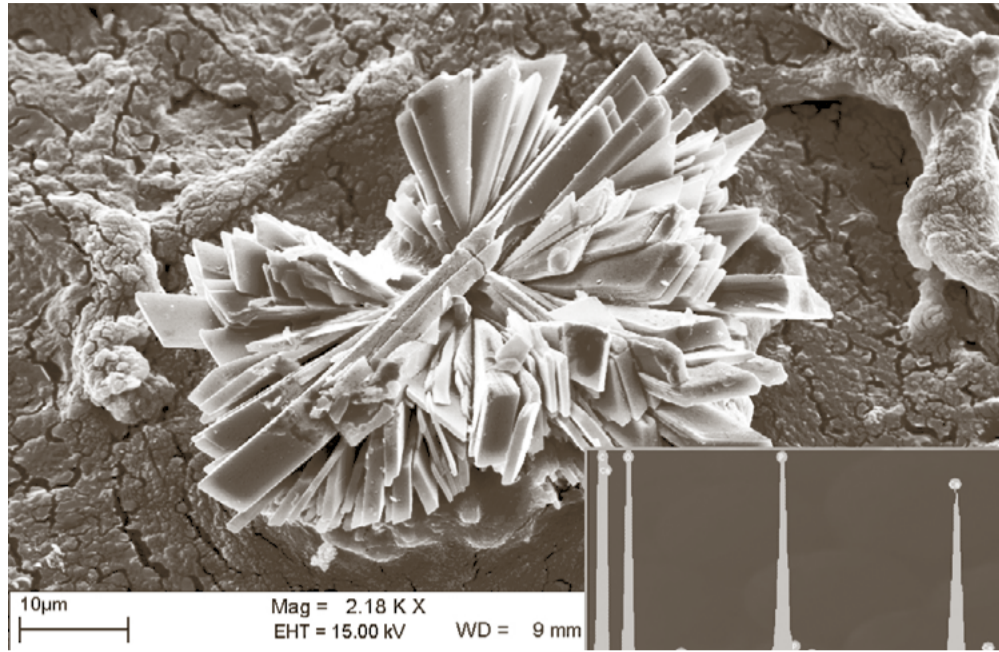
«У нас есть данные, которые противоречат распространенным истинам. Например, в рекламе каждый день можно услышать: принимайте кальций, однако, как показало наше исследование и некоторые публикационные данные, чаще всего оказывается, что бесконтрольное потребление кальция не только не на пользу, но и во вред. Если взять больных остеопорозом, то в их крови содержание этого элемента часто вполне соответствуют нормальным показателям. Когда людей начинают пичкать им, возникает вопрос: а зачем? Надо искать, в чем на самом деле проблема», — рассказывает старший научный сотрудник аналитического центра Института геологии и минералогии им. В.С. Соболева СО РАН кандидат геолого-минералогических наук **Анатолий Тихонович Титов**.

Проект по изучению в ИГМ СО РАН кальций-фосфатной минерализации начался с того, что у физиков-лазерщиков из Института теоретической и прикладной механики им. С.А. Христиановича СО РАН и исследователей Сибирского федерального биомедицинского исследовательского центра им. академика Е.Н. Мешалкина возникла идея удалять кальцификаты, которые образуются на сердечных клапанах, с помощью лазера (если такой «камушек» попадет в кровоток, он может вызвать инсульт или инфаркт). Специалисты ИГМ СО РАН на сканирующем электронном микроскопе смотрели, в каком состоянии находятся кристаллы после воздействия излучением эксимерного лазера.

Сначала кальцификаты изучали на просвечивающем электронном микроскопе при очень больших увеличениях с использованием методов электронной дифракции. В ходе работы было сделано предположение, что эти структуры образовывались не там, где их нашли, а привнесены туда, вероятнее всего — из крови. В результате Анатолием Титовым совместно с работающим на тот момент в СФБМИЦ доктором медицинских наук **Петром Михайловичем Ларионовым** была разработана методика выделения и диагностики минерала гидроксилапатита в крови пациентов, пораженных кальцинозом, а затем и в крови здоровых доноров. В дальнейшем исследование велось на средства гранта Президиума СО РАН и еще трех проектов, поддержанных Российским фондом фундаментальных исследований. В нем участвовали также специалисты Института катализа СО РАН им. Г.К. Борескова доктор химических наук **Александра Степановна Иванова** и кандидат химических наук **Владимир Иванович Зайковский**.

### Костные проблемы родом из крови

Гидроксилапатит вырабатывается в нашем организме естественным образом. Он необходим для роста



Микрокристаллы фосфата кальция (брушит) в ткани сердечного клапана пациента

костей и зубов, и он же участвует во многих распространенных патологиях — его излишки могут откладываться в различных органах, на сердечных клапанах, аорте и других артериях при атеросклерозе.

«Есть два процесса: рост кости и ее рассасывание. Если последнее начинает превалировать, неорганический компонент (фосфат кальция) в ней уменьшается, что приводит к увеличению хрупкости. Как говорит моя коллега, мы становимся как вазы: упал и разбился», — говорит Анатолий Титов.

*Рост и ремоделирование кости происходят в течение всей жизни. После перелома сначала образуется органическая костная мозоль, состоящая из коллагеновых волокон, на которые затем осаждаются вырабатываемые организмом неорганические кристаллы гидроксилапатита. В это время как раз надо принимать кальций.*

В научном сообществе до сих пор ведутся споры, где же именно «зарождается» минерал гидроксилапатит? По наиболее распространенной точке зрения, это происходит на клеточном уровне или обусловлено клетками. Анатолий Титов же утверждает, что основная часть этого минерала в нашем организме образуется в крови. Впервые обнаруженные нанокристаллы гидроксилапатита у здоровых доноров и экспериментальные данные позволили исследователям установить: кровь по своим физико-химическим параметрам является источником для возникновения этих кристаллов. Интересный парадокс: пересыщения по кальцию и фосфору в крови даже здорового человека достаточно, чтобы по законам термодинамики они там начали образовываться.

«Мы считаем: кристаллы гидроксилапатита в наноразмерах присутствуют у всех людей. Это процесс физиологический, но в некоторых случаях, когда защитные функции организма снижены (в результате инфекции, возрастной деградации тканей и так далее), они участвуют в патологической минерализации», — говорит Анатолий Титов.

### Магний или кальций?

Исследователям удалось не только обнаружить кристаллы гидроксила-

патита, но и получить их, моделируя ионный состав крови.

Если посмотреть на ионизированные элементы, содержащиеся в крови, то больше всего среди них кальция, фосфора, магния и хлорида натрия. Ученые заложили их в модель, добавили некоторые другие параметры (рН и температуру) и поначалу никаких минералов не получили. Затем стали отдельно смотреть, какова же роль каждого из этих элементов, в частности, магния и хлорида натрия, про которые было известно, что они препятствуют появлению кристаллов. Оказалось: в эксперименте, при условиях нормальных показателей концентрации этих элементов в плазме крови, по отдельности как магний, так и хлорид натрия полностью подавляют образование гидроксилапатита. Но если в дело вмешивался белок альбумин, эффект был прямо противоположный (интересно, что альбумин является одновременно и ингибитором роста нанокристаллов гидроксилапатита — он не дает им разрастаться).

«Открытие, что растущая кость интенсивно потребляет плазменные белки альбумин и фетуин-А, было сделано еще в 1970-е годы. Также установлено: при деминерализации кости (необходимой для ее изучения), они из нее высвобождаются. На эти статьи имеется много ссылок, а почему так происходит, объяснения до сих пор нет, — рассказывает исследователь. — Какую роль играют альбумин и

фетуин-А? Тут явно просится вывод, что они способствуют встраиванию неорганических по своей природе нанокристаллов гидроксилапатита в костную ткань, а когда эта минеральная часть убирается, высвобождаются как ненужные. Плазменные белки альбумин и фетуин-А, по сути, являются регуляторами формирования гидроксилапатита».

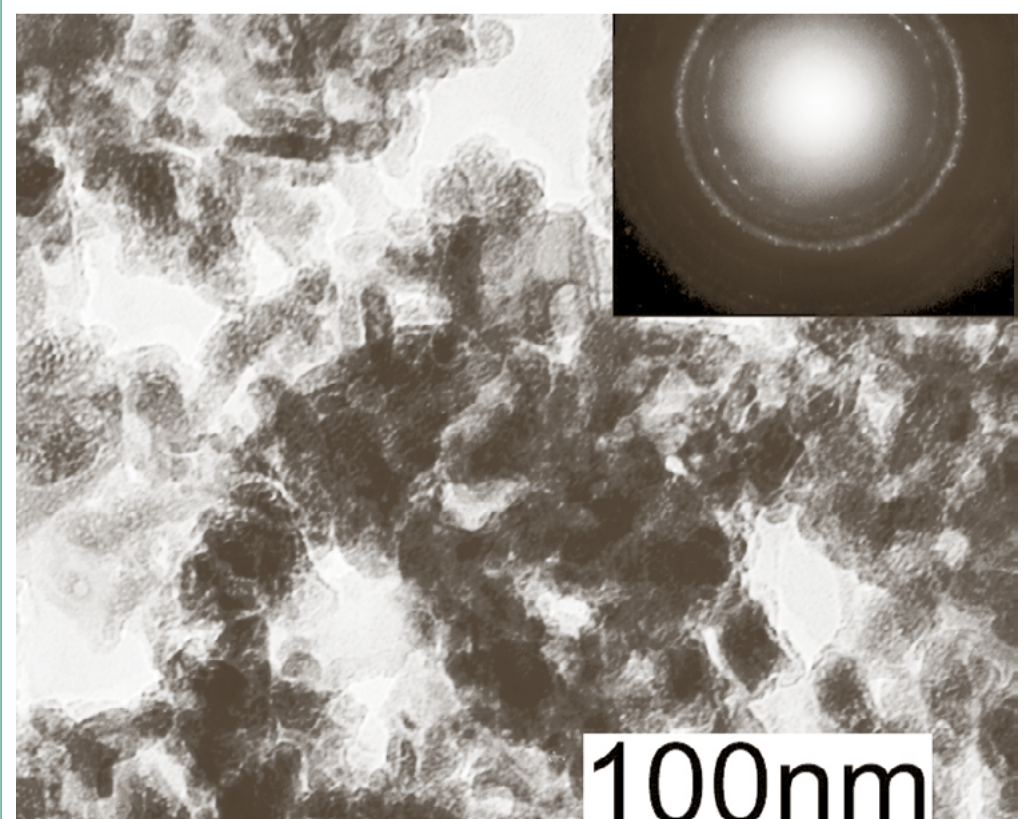
Моделирование показало, что магний (причем вовсе не выходящий за пределы нормальных показателей в крови) препятствует избыточной минерализации организма. Избыточный же кальций, наоборот, способствуют этой патологии. Несмотря на то, что последнее было доказано уже во многих научных работах, в медицинской практике кальций до сих пор назначается для лечения большого числа заболеваний.

«Например, у больных с почечной недостаточностью часто возникает патология — избыток фосфора в крови. Во многих клиниках во всем мире этот элемент компенсируют введением кальциевых препаратов, не понимая, что фосфор выпадает в виде кристаллов гидроксилапатита. Большое их количество будет способствовать патологической минерализации артерий», — рассказывает Анатолий Титов.

А в совместном исследовании с Новосибирским НИИ травматологии и ортопедии исследователем было установлено, что остеопороз может происходить не столько от нехватки кальция, как сегодня считается, а от того, что нарушается кровоток кости, идет зарастание сосудов даже на капиллярном уровне. Эти наросты большей частью органические (например, холестерин), однако гидроксилапатит здесь тоже активно участвует. Всё это приводит к тому, что образующиеся в крови нанокристаллы из-за склеротических явлений в кровеносных сосудах кости не могут участвовать в ее росте.

«Сегодня известно: остеопороз и атеросклероз — это два связанных друг с другом заболевания. Дискуссионным является, что же из них первично? Мы своей работой ответили, что второе: сначала идет зарастание сосудов, в результате роста кости нет, а процессы рассасывания присутствуют», — комментирует исследователь.

**Диана Хомякова. Фото предоставлены исследователями**



Нанокристаллы гидроксилапатита, выделенные из крови здорового человека (донора)

## В СИБИРСКИХ МАСШТАБАХ

ФИЦ Красноярский научный центр СО РАН представил три крупных проекта, направленных на создание прорывных технологий: адаптированного к сибирским условиям картофеля, трехуровневой системы дистанционного зондирования Земли и молекулярных врачей-нанороботов. Проекты будут финансироваться ФАНО России и правительством Красноярского края на паритетных началах.

### Картошка по-сибирски

Заместитель директора по научной работе ФИЦ КНЦ СО РАН доктор биологических наук Игорь Николаевич Павлов представил проект по развитию селекции и семеноводства картофеля в Красноярском крае.

«Импортные семена не очень хороши в целом для РФ, а для Сибири с ее достаточно сложным климатом и вовсе не подходят. Необходимо работать в направлении именно отечественной селекции», — рассказывает Игорь Павлов.

Сибирский федеральный университет имеет опыт полногеномного секвенирования, отработанный на хвойных древесных растениях, а также опыт создания высокоинформативных молекулярных генетических маркеров. В институтах СО РАН есть прекрасные разработки по изготовлению удобрений, химических препаратов пролонгированного действия для борьбы с болезнями картофеля. Кроме того, исследования поддерживают Министерство сельского хозяйства Красноярского края, представители сельскохозяйственного бизнеса. Цель проекта — создание и развитие межрегионального центра генной инженерии, селекции и семеноводства картофеля Восточной Сибири.

### «Енисейский меридиан»

Заведующий лабораторией экологической информатики ФИЦ КНЦ СО РАН доктор технических наук Анатолий Петрович Шевырногов представил трехуровневую систему дистанционного зондирования территории Красноярского края «Енисейский меридиан».

«Известно, что космические методы обладают очень широким спектром возможностей. Особенно это важно для труднодоступных и отдаленных территорий, например Красноярского края. Хорошо развиты технологии создания спутников, передачи данных, но у любых космических средств наряду с большими возможностями есть и крупные недостатки, — рассказывает Анатолий Петрович. — Как правило, поверхность Земли закрыта облачностью, либо присутствуют какие-то другие помехи, из-за чего получать «чистый» сигнал и интерпретировать его затруднительно. Поэтому мы развиваем систему космического дистанционного зондирования Земли, состоящую из трех уровней: космического, измерения с малых высот (самолеты, вертолеты и беспилотники) и наземного спектрального измерения (создание библиотек спектральных характеристик: у сосны они одни, у лиственницы — другие, у березы — третьи)». Здесь также важно развивать технологии, адаптированные именно к российским условиям, — для сибирской тайги не годятся подходы, разработанные для саванн.

Результаты этого трехуровневого зондирования предполагается использовать для отслеживания экологической обстановки: оценки влияния на окружающую среду крупных

промышленных центров, изучения растительности внутри парковых зон городов, различных охранных зон и заповедников. Также можно исследовать загрязнение внутренних водоемов, рек, лесные пожары, сельское хозяйство и многое другое. Кроме того, такие разработки могут быть интересны МЧС.

В проекте будет участвовать Институт леса им В.Н. Сукачева СО РАН, Институт биофизики СО РАН, Институт вычислительного моделирования СО РАН, Институт физики им. Л.В. Киренского СО РАН. Эти организации взаимодействуют уже давно, но благодаря объединению в ФИЦ это сотрудничество приобрело некие организационные формы и возможности дополнительного финансирования. Исследователи даже организовали специализированный научный совет по дистанционному зондированию, в котором участвуют не только институты СО РАН, но и МГУ, Институт космических исследований РАН (Москва).

### Молекулярные врачи-нанороботы

Ведущий технолог ФИЦ КНЦ СО РАН доктор биологических наук Анна Кичкайло рассказала про организацию совместной лаборатории с Фондом перспективных исследований и Национальным центром развития технологий и базовых элементов робототехники для производства робототехнических комплексов медицинского назначения.

«Чтобы бионанороботы сами находили мишень, на которую будут воздействовать, правильно влияли на нее, необходимо обеспечить адресность. Для этого мы создаем ДНК-аптамеры — маленькие одноцепочечные ДНК, которые за счет своих уникальных свойств могут связываться с определенной мишенью (биологической, молекулярно-клеточной), распознавать ее, и доставлять к ней функционального наноробота», — объясняет Анна.

Ценность проекта заключается в том, что с помощью нанороботов можно создавать «цифровые» лекарства, которыми возможно будет управлять на микроуровне. Мало того, что такой препарат распознает клетку, которую нужно обезвредить или вылечить, он еще запускает процессы только под воздействием внешнего магнитного поля. Сейчас эти конструкции исследуются применительно к онкологии, но в целом они могут быть использованы для борьбы практически с любыми заболеваниями.

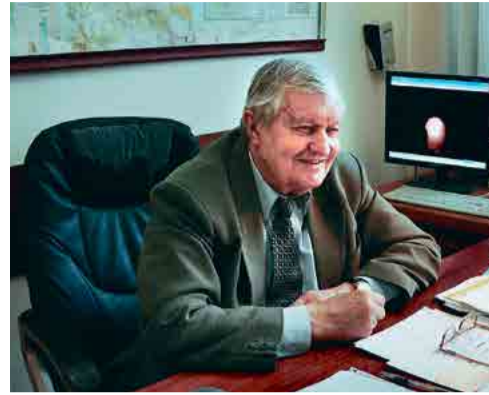
«Мы надеемся создать лабораторию, которая сможет осуществлять полный цикл: от селекции аптамеров, изучения их фундаментального взаимодействия с мишенями до получения на выходе адресных терапевтических препаратов и диагностических систем», — говорит Анна Кичкайло.

Диана Хомякова

### КОНКУРС

ФГАОУВО «Новосибирский национальный исследовательский государственный университет», геолого-геофизический факультет, объявляет выборы на замещение вакантной должности заведующего кафедрой геологии месторождений нефти и газа. Требования: высшее профессиональное образование, ученая степень и ученое звание; стаж научно-педагогической работы или работы в организациях по направлению профессиональной деятельности, соответствующей деятельности кафедры, не менее пяти лет. Срок подачи документов — один месяц со дня опубликования объявления. Документы направлять по адресу: 630090, Новосибирск, ул. Пирогова, 1. НГУ, ГГФ. Справки по тел.: 363-40-16 (деканат ГГФ).

## ИЗМЕЛЬЧЕНИЕ УГЛЯ ПОЗВОЛИТ ЭНЕРГЕТИКАМ СЭКОНОМИТЬ НА ТОПЛИВЕ



А.П. Бурдуков

Тепловые электростанции (ТЭС) вырабатывают электричество за счет преобразования химической энергии топлива в процессе сжигания. Сейчас для этого главным образом используется мазут. Однако вместо него ученые из Института теплофизики им. С.С. Кутателадзе СО РАН предложили применять измельченный уголь, что существенно экономит деньги и наносит меньше вреда окружающей среде.

Россия — одна из ведущих стран мира по запасам угля, но открытие крупнейших месторождений нефти и газа в 1950-е годы привело к изменению топливного баланса страны. Добыча угля резко сократилась во время перестройки, в 1990-е годы, а основным энергоносителем стал газ. Однако последние оценки специалистов вызывают беспокойство за энергообеспеченность государства, если ее основой будут только углеводороды. Так что сейчас активно возобновляется изучение такого топлива, как уголь, а именно — его использования в пылевидном состоянии.

Ученые из ИТ СО РАН около десяти лет занимаются вопросом переработки этого материала. Сейчас на теплоэлектростанциях основным топливом для розжига является мазут, необходимый для растопки и стабилизации факела энергетических котлов на ТЭС. Исследователи предлагают использовать вместо него механоактивационную угольную пыль, которая дешевле в три раза и имеет ряд преимуществ. Прежде всего, при измельчении угля в высоконапряженных мельницах можно приблизить его качественные характеристики к газу и мазуту. Кроме того, этот материал наносит меньше урона окружающей среде. Обычно при мазутном розжиге идут выбросы сернистых газов, оксида ванадия, а тот же уголь в основных месторождениях Сибири малосернистый, и в его составе ванадий отсутствует.

— Чтобы разжечь энергетический котел, в течение трех-четырех часов сжигаются мазут и газ, — рассказывает главный научный сотрудник ИТ СО РАН доктор технических наук Анатолий Петрович Бурдуков. — Подобная система есть на Березовской РЭС: там три блока, каждый по мощности как две новосибирские гидроэлектростанции (ОбьГЭС). Один из них — котельная часть — не так давно полностью выгорел из-за воспламенения мазутной системы розжига: убытки были многомиллиардными. Поэтому разработка безмазутной системы, безусловно, актуальна.

Значительное усиление химической активности пыли происходит за счет увеличения поверхности реагирования частиц. Как следствие — высокая интенсивность горения, необходимая для работы теплоэлектростанции.

— Предполагаемый механизм роста химической активности связан с отрывом боковых цепей в молекулах угля и последующим образованием свободных химических связей, — поясняет инженер, аспирант ИТ СО РАН Артём Валерьевич Кузнецов. — Из-за этого кислород, как окислитель, быстрее реагирует на углерод. Однако это только одна из гипотез: природа механоактивации пока изучена недостаточно и требует дальнейших исследований.

Для этого ученые используют ударный механизм: он представляет собой множество расположенных по кругу штырей, бьющихся друг о друга. Уголь подается в мельницу-дезинтегратор, которая и осуществляет механоактивацию с измельчением пыли до 40 микрон.

— Вся система работает за счет измельчения: от его вида зависит, как меняются свойства угля, — поясняет аспирант ИТ СО РАН Евгений Борисович Бутаков. — Мы заметили, что в случае с углем температура воспламенения у него становится ниже: то есть надо подвести меньше энергии, чтобы его разжечь. Суть нашей системы в этом: мы нашли высоконапряженную мельницу, которая осуществляет механоактивационное измельчение с заметным увеличением химической активности углей, приближая его свойства к газомазутному топливу.

Уголь способен не только гореть, но и превращаться в горючие газы. Благодаря его химической активности можно делать высоконапряженные системы газификаторов на основе этого ископаемого: получать газ, пускать по трубам и также сжигать.

— Мы продолжаем эти исследования, потому что видов угля много, и для каждого топлива нужно проводить свои эксперименты, чтобы нормально отрабатывать технологии, — добавляет Евгений Бутаков. — На данный момент главная проблема нашей системы — внедрение. Она довольно прогрессивна, но не все готовы на нее решиться и изменить существующий порядок производства. Правда, сейчас мы работаем с московской организацией «Тохил» и новосибирской «Сибтехэнерго» над практическим применением технологии.

По словам ученых, промышленные потребители чаще всего не особо стремятся использовать новые технологии. Энергетикам неинтересно переходить на новую технологию безмазутного розжига пылеугольного факела, если все дополнительные расходы при использовании дорогого мазута можно переложить на потребителя через тарифы на энергию. Исследователи предполагают, что здесь могли бы помочь специальные решения на правительственном уровне по поддержке внедрения новых технологий.

Конечно, у таких систем есть свои недостатки: износ рабочих элементов мельниц при непрерывной работе на угле, а также необходимость установки золоуловителей при переводе газомазутных котлов на такой уголь. Однако для розжига котлов с длительностью процесса четыре-пять часов это не проблема: при замене мазута углем процесс окупается за счет разницы в стоимости угля и мазута.

Алёна Литвиненко  
Фото автора

## ЭФФЕКТ НА ВСЕ 100



Лауреаты премии Правительства РФ Д.В. Соколов, В.А. Стенников, Е.А. Соколов

*Иркутские энергетики получили правительственную премию за разработки, способные дать ежегодную экономию в 100 млрд руб. и повысить качество теплоснабжения в России.*

Проблемами энергосбережения, рационального пользования ресурсами и создания комфортных условий для жизни и деятельности населения Институт систем энергетики им. Л.А. Мелентьева СО РАН занимается давно. Предложенные учеными решения неоднократно были отмечены на самом высоком уровне. Так, в конце 2016 года группа сотрудников ИСЭМ СО РАН получила премию Правительства Российской Федерации в области науки и техники за разработку методов инновационного развития теплоснабжающих систем и их практическую реализацию. О том, какие инновации в энергетике сегодня предлагают сибирские ученые, и зачем они нужны потребителю, рассказывает врио директора ИСЭМ СО РАН член-корреспондент РАН Валерий Алексеевич Стенников.

— Еще 15–20 лет назад для создания комфорта в помещении достаточно было поддерживать только температуру внутреннего воздуха. Сегодня количество параметров, обеспечивающих комфортные условия труда и быта населения, существенно увеличилось. Помимо тепла, мы начали активно пользоваться вентиляцией, кондиционированием, холодоснабжением. Более того, потребители сегодня претендуют на совершенно новые возможности — например, находясь в холодной Сибири, иметь в помещении «климат» теплого средиземноморского побережья. Обеспечить эти условия могут только передовые инновационные технологии, способствующие появлению новых функциональных возможностей и качественно влияющие на рост эффективности энергетических систем. Для этого они должны иметь интеллектуальный уровень управления, более высокий уровень технологической реализации, новую систему автоматического регулирования, широкое использование интернет-технологий и телекоммуникаций. В их работу нужно вовлекать интегрированные многопродуктовые источники энергии, ориентированные на нетрадиционные и возобновляемые энергетические ресурсы, включая ветряные, солнечные, геотермальные электростанции.

Сегодня на рынке инновационных технологий и оборудования факти-

чески есть всё, что для этого нужно. Однако для инновационного преобразования систем потребовалась разработка научно-методического аппарата, постановка новых задач и методов их решения, создание информационно-вычислительного инструментария и технических предложений, составляющих интеллектуальную основу оптимального планирования систем теплоснабжения. Этим вопросам, а также апробированию и внедрению разработок в практику и была посвящена наша работа.

— Как выглядела практическая реализация этих решений?

— Самый первый проект по этой тематике реализован в Иркутске в 1998 году и направлен на применение энергосберегающих технологий и оборудования в системе теплоснабжения одной из котельных. В то время это был один из крупнейших энергосберегающих проектов в России. Поскольку нашего опыта и оборудования не хватало, мы выполняли работу совместно со специалистами из Швеции. В результате сокращения теплотребления составило 28 %, что было не единственным эффектом: в частности, снижение потребляемой мощности составило 20 %. Это означало, что на такую мощность можно подключить новых потребителей без строительства еще одного теплоисточника. Сейчас подобные проекты реализуются уже во многих городах России: практически все новые дома строятся с такими системами управления. Капитальный ремонт зданий также включает подобную модернизацию. К 2020 году, в соответствии со стратегическими направлениями развития теплоснабжения страны, большая часть систем теплотребления должна быть переведена на энергосберегающие системы.

К настоящему моменту мы выполнили работы по технико-экономическому обоснованию реконструкции теплоснабжающих систем более 20 городов различных регионов страны, многие рекомендации вошли в схемы теплоснабжения этих городов. Кроме того, мы осуществляли проекты регионального уровня, среди них — Программа модернизации теплового хозяйства, Программа энергосбережения на территории Иркутской области до 2020 года, Схема и программа развития электроэнергетики области и многие другие. За эти работы мы дважды получали премии в сфере науки и техники Иркутской области. Предложенные нами перспективные направления развития теплового хозяйства нашли применение, в том

числе в целевых программах развития энергетики и энергосбережения России и ее субъектов.

— Какую экономию могут обеспечить предложенные методы в перспективе?

— Теплоснабжение представляет наиболее энергоемкую отрасль экономики России. На нашу долю приходится 44 % мирового централизованного производства тепловой энергии, нами потребляется более 40 % всего топлива, расходуемого в стране. Кроме того, здесь затрачиваются огромные материальные ресурсы. В теплоснабжении сосредоточен большой потенциал энергосбережения, который достигает 45–50 % от всего расходуемого на эти цели топлива. Этот потенциал возрастает по мере появления новых технологий и снижения их стоимости. По нашим расчетам, экономический эффект по совокупности выполненных работ может составить более 100 млрд руб. в год в зависимости от состава реализуемых мероприятий. Плюс социальный эффект, который состоит в том, что внедрение предлагаемых разработок позволит организовать надежные поставки тепла для населения.

— Работа над инновационными методами строилась на основе имеющихся наработок, или это было новое для института направление?

— Как всегда, во всем новом есть своя фундаментальная составляющая. В основе фундаментальной части нашего направления лежит теория гидравлических цепей, исторически развивающаяся в ИСЭМ. Это фундаментальная наука, которая занимается изучением трубопроводных сетей. Газ, нефть, водоснабжение, теплоснабжение, охлаждение двигателей, кондиционирование, вентиляция — всё, что движется и связано с жидкостью и с газообразными веществами, изучает эта теория. В ее рамках мы создаем теоретическую основу, отвечающую на вопросы, как все эти системы создавать, как ими управлять, как в них должны встраиваться потребители, добывающие отрасли и так далее. В свою очередь проектировщики, имея этот аппарат, строят системы, а далее они переходят в стадию эксплуатации. На их основе может быть создана любая база с привязанным к ней вычислительным инструментарием. В виде компьютерной программы работать с ней может каждый инженер — просчитать, сколько получит тепла тот или иной потребитель, какие возможны аварийные ситуации, как их предотвратить или ликвидировать последствия.

Следующая цель — перейти к полностью самоуправляемой системе, способной обучаться и самостоятельно принимать решения. То есть построить системы энергоснабжения таким образом, чтобы они работали по принципу сети Интернет, куда каждый пользователь может войти и получить то, что ему нужно. При этом ему необязательно знать, как это работает. Применительно к теплоснабжению это выглядит так: потребитель заказывает необходимый ему объем тепла, а его агентная система через компьютер, интернет-связи решает, из какого источника его взять с минимальной стоимостью. Если есть инди-

видуальные источники — солнечные, ветряные, геотермальные, необходимо подключать и их. При этом все процессы происходят в рамках одной системы управления. В теории гидравлических цепей мы прорабатываем все вопросы, связанные с модернизацией и созданием «интеллекта» для такого компьютера.

— Инновации в теплоснабжении будут развиваться в этом направлении?

— В будущем мы хотим пойти еще дальше. В идеале, чтобы человек задал программу, что днем, допустим, нужна температура 20 °С, ночью 14 °С, в выходные дни он уезжает, можно держать десять градусов, и вот эта компьютерная система уже сама обеспечивает заданные пользователем параметры, используя максимально выгодные энергоисточники. Такого до сих пор не было, особенно в теплоснабжении: как правило, потребитель брал то, что ему поставляли, не имея никакой возможности повлиять на этот процесс.

Сейчас хорошо известен термин «Интернет вещей» — компьютерная сеть, соединяющая окружающие нас объекты. Электронный блок принимает информацию о передвижениях владельца, о внешних факторах и в соответствии с этим строит или корректирует работу оборудования, например, прогревает машину, включает в доме свет и чайник, регулирует освещение.

Привлекательной представляется задача использования «Интернета вещей» для управления энергетической системой. Зачастую эти системы — электрическая, газовая, тепловая — пересекаются, особенно в крупных городах страны, где они развиты и нередко друг друга компенсируют. Здесь интегрируется множество развиваемых сегодня технологий, таких как умные сети, умный учет, чистая энергетика, умный дом и другие. Они предоставляют потребителям электричества и тепла широкие возможности активного поведения и организации собственного потребления и производства энергии. Имея такой большой набор управляющих устройств, потребитель не успевает следить за ними, поэтому эту функцию необходимо отдать компьютеру. По сути, сделать уже всем известный «автоплатеж», когда программа оплачивает счета и кредиты, только применительно к энергетике.

С увеличением количественного состава технологий, применяемых в здании: отопления, кондиционирования, холодоснабжения и других, усиливается взаимосвязь отдельных систем, растет объем обмениваемой информации, усложняется управление системами, возрастает риск проявления аномальных ситуаций. Для решения этих проблем нужны новые постановки задач, интеллектуальные средства их решения, новые технологические предложения и их практическая реализация соответственно. Без фундаментальных, научных знаний эти вопросы не решить. В их получении и заключается наша перспектива.

Юлия Смирнова,  
пресс-центр ИНЦ СО РАН  
Фото Владимира Короткоручко

# СИБИРСКИЕ УЧЕНЫЕ ВЫЯСНИЛИ, КАК ЕНИСЕЙ ВЛИЯЕТ НА КОНЦЕНТРАЦИЮ ВРЕДНЫХ ПРИМЕСЕЙ НАД КРАСНОЯРСКОМ



Енисей в районе Красноярска

Исследователи Института теоретической физики им. С.С. Кутателадзе СО РАН и Новосибирского государственного университета совместно с коллегами из Делфтского технического университета (Голландия) выяснили, что накопление вредных примесей над Красноярском может быть связано с неравномерным нагревом воздушных масс, обусловленным, в свою очередь, большой разницей температур между незамерзающим Енисеем и окружающим пространством. Статья об этом опубликована в *Boundary-Layer Meteorology*.

Для понимания происходящих в атмосфере города процессов исследователи воспользовались моделью, разработанной группой под руководством Кемала Ханьялича (ранее НГУ, при участии ученых из ИТ СО РАН, выиграл мегагрант на организацию лаборатории моделирования энергетических процессов под руководством профессора). Однако модель пришлось существенно доработать, так как она не тестировалась для расчетов в масштабах большого города.

— Мы хотели рассмотреть весь город, размеры которого примерно 20 на 40 километров, тогда как исследовательская группа в Делфте моделировала в основном отдельные районы или улицы. Кроме того, нам необходимо было учесть влияние горизонтальной неоднородности температур в приземном слое: река и сам город являются источниками тепла, создавая сложные конвективные потоки в воздухе. Хотя температура Енисея больше температуры Красноярска, остров тепла, создаваемый индустриальной активностью, существенно влияет на потоки воздуха из-за того, что город имеет большую площадь. Таким образом, два этих источника тепла взаимно дополняют друг друга, — объясняет научный сотрудник ИТ СО РАН кандидат физико-математических наук Михаил Юрьевич Хребтов.

Результаты моделирования показали, что над «теплым» Енисеем возникает восходящее течение — атмосфера над рекой устремляется вверх, увлекая за собой воздух с правого и левого берегов. Однако на

высоте примерно в один километр поднимающуюся массу ждет сюрприз — слой инверсии, который не позволяет воздуху продолжать движение вверх. Начинает действовать отрицательная сила плавучести, воздух перемещается горизонтально, а потом и вовсе вниз.

*В атмосфере бывает устойчивая и неустойчивая стратификация, которая зависит от распределения температуры. Если с высотой температура падает, то горизонтальному и вертикальному движению воздуха ничего не мешает — это часто встречающаяся ситуация, так называемые адиабатические условия, при этом воздух может легко перемешиваться. Если же ситуация обратная, и с увеличением высоты растет температура воздуха — это устойчивая стратификация, то есть теплый воздух, поднимающийся от поверхности, сталкивается с еще более теплым, и дальше подняться уже не может. Слой, в котором температура растет с высотой, и есть слой инверсии, он работает как барьер для вертикального движения воздуха.*

В результате такого кругового движения образуются области, в которых перемещения воздушных масс нет вообще, где концентрируются и накапливаются вредные выбросы. Исследователи подчеркивают, что сознательно смоделировали самую неблагоприятную ситуацию — полное отсутствие какого-либо ветра. Понятно, что если ветер есть, то все эти выбросы будет постепенно относить от города.

Температурные инверсии довольно часто наблюдаются в Красноярске: примерно две трети всего времени. И это очень неблагоприятная ситуация для накопления примесей. Но помимо того, что есть «горячая» река, еще и сам город создает эффект теплового острова.

— Этим термином принято обозначать эффект повышения температуры окружающей среды в местах концентрации промышленных объектов и населения. Как правило, наблюдается в крупных городах, где температу-

ра воздуха в течение всего года на несколько градусов выше, чем на прилегающих территориях. Причем уровень нагрева значительно различается в зависимости от времени суток (пик приходится на обеденное время) и удаленности от центра города (в центре — на 3–4 °С выше). Источники тепла бывают двух типов: первый — сами люди и их воздействие (машины, отопление), второй — солнце. Летом эффект теплового острова большей частью обусловлен именно вторым источником, зимой в наших широтах солнце влияет гораздо слабее, — говорит Михаил Хребтов.

Ученые выяснили, что взаимодействие двух эффектов: от реки и от города — приводит к расширению площади циркуляционного течения. Ночью, когда мегаполис холоднее, всё движение воздуха сконцентрировано у реки (включая расстояние несколько километров от нее). А днем, когда город теплее, область, где ощущается воздействие, увеличивается. Возникающие движения воздушных масс сносят вредные примеси со всей территории города к его центру крупными вихрями (вращающимися горизонтальными трубками воздуха около километра в диаметре и до десяти километров в длину), которые возникают из-за естественной конвекции над тепловым островом. С самолета иногда можно наблюдать «дорожки» облаков, которые появляются над такими вихрями.

— В статье мы рассматриваем еще один интересный вопрос: попадая в область восходящего течения, эти вихри разворачиваются вверх и формируют уже вертикальные потоки, напоминающие торнадо, только гораздо более слабые, при этом несколько горизонтальных вихрей могут объединяться в один вертикальный. Это явление также влияет на распространение вредных примесей и водяного пара, делая их более неоднородными, — комментирует Михаил Хребтов.

Новизна исследования заключается еще и в том, что ученые при моделировании учли скорость течения Енисея. Казалось бы, она не должна влиять на движение воздушных масс, летом так и происходит, а вот зимой картина меняется, так как восходящее течение над теплым Енисеем начинает взаимодействовать со сдвиговым

слоем в воздухе, образующимся за счет течения реки. Ученые планируют более подробно исследовать эту проблему в ближайшее время, а также рассмотреть прикладной аспект — вариации распространения вредных примесей в зависимости от времени года.

Работа имеет фундаментальное и прикладное значение. Она помогает понять причины негативной экологической ситуации в Красноярске: где, помимо высоких промышленных выбросов, влияют и атмосферные процессы, которые приводят к тому, что эти примеси задерживаются и концентрируются над городом. С одной стороны, понятно, что Красноярск находится на равнине в окружении холмов, что точно не способствует хорошей продуваемости и активному движению воздушных масс. Но с другой стороны, загрязнение зимой там гораздо больше, чем летом, и есть дополнительный фактор — незамерзающий даже в минус 30 °С Енисей. Моделирование позволило исследователям уточнить, как эти процессы связаны.

Для фундаментальной науки были интересны физические процессы, происходящие в атмосфере при таких уникальных условиях. По словам исследователей, сейчас хорошо изучены так называемые бризовые течения воздуха, возникающие в городах на берегах океанов или морей, а ситуации с реками, а тем более теплыми реками, где город расположен на двух берегах, — редки и необычны. Поэтому было интересно посмотреть, что происходит с воздушными массами, как это может влиять на экологическую обстановку на данной территории. Отдельно ученых заинтересовал процесс образования вертикальных вихрей — «паровых дьяволов», их появление сопровождается рядом нелинейных эффектов, ученых очень занимает вопрос, как ими управлять.

— В далеком-далеком будущем, предположим, мы сможем создать условия для генерации таких вихрей и использовать их для получения электроэнергии. Но на сегодняшнем этапе мы должны разобраться, как они образуются. Это «горячая» тема для исследователей, занимающихся атмосферными явлениями, — рассказывает Михаил Хребтов.

Юлия Позднякова  
Фото автора и Дианы Хомяковой



Енисей в районе Дивногорска