



Наука в Сибири

Газета Сибирского отделения Российской академии наук • Издаётся с 1961 года • 21 марта 2019 года • № 11 (3172) • 12+

Золото придало сверхсилу полисахариду

Ученые Иркутского института химии им. А.Е. Фаворского СО РАН создают перспективные нанобиокомпозиты на основе полисахаридов. Наиболее интересные применения ожидаются в тераностике онкозаболеваний.

Привнеся в макромолекулы крупнотоннажного биополимера из морских водорослей каррагинана золотые наночастицы, мы обнаружили заранее спрогнозированные нами принципиально новые качества.

Читайте на стр. 5

Новости

Продолжается работа по созданию в Академгородке центра генетических технологий

В настоящий момент уже сформирована основная правовая база будущего центра генетических технологий, собрана команда участников проекта, в которую вошли в том числе представители двенадцати научных институтов и вузов. Кроме того, разработана структура управления, создано техническое задание на проектирование, обследованы будущие площадки ЦГТ, по результатам чего определены возможные проблемы при строительстве и предложены механизмы их решения.

Параллельно идут переговоры с бизнес-партнерами о выполнении проектов на базе центра: на сегодня интерес к такому сотрудничеству проявило свыше десяти крупных компаний, включая СИБУР, Ростех, ЭФКО. Уже готов пакет проектов

первой очереди для будущего ЦГТ.

Напомним, центр генетических технологий предназначен для выполнения проектов полного цикла (от фундаментальных научных исследований до готовых продуктов и технологий) для нужд экономики страны. Структурно он будет состоять из комплекса инфраструктурных объектов (селекционный центр, вторая очередь SPF-вивария, ряд центров коллективного пользования и так далее) и национального центра мирового уровня по геномным исследованиям. Создание центра предполагается на базе ФИЦ «Институт цитологии и генетики СО РАН».

«Реализация такого масштабного проекта предполагает решение ряда сложных нетривиальных задач, — отметил директор ФИЦ ИЦИГ СО РАН член-корреспондент РАН Алексей Владимирович

Кочетов. — Начнем с того, что надо спроектировать и построить уникальные научные объекты, не имеющие аналогов в стране, затем обеспечить их не менее уникальным оборудованием и создать систему подготовки специалистов для работы на нем. Будут и другие непростые вопросы. К примеру, развитие генетических технологий (и особенно внедрение их продуктов в экономику) потребует совершенствования нормативно-правовой базы».

По мнению ученых, эти задачи можно решить при условии сотрудничества органов государственной власти, бизнес-структур и научного сообщества. И первые шаги на этом пути сделаны.

Пресс-служба
ФИЦ ИЦИГ СО РАН

Дайджест

Новосибирск

В Новосибирском государственном университете прошла торжественная церемония: лауреат Нобелевской премии Хироси Амано (Япония) получил звание почетного доктора НГУ. Он сообщил, что сейчас обсуждается возможность более тесного сотрудничества с сибирским вузом. «Для нас это тоже очень почетно, — отметил ректор НГУ член-корреспондент РАН Михаил Федорук. — Нам очень приятно, что это уже второй приезд Хироси Амано в Новосибирск». Надо отметить, что несколько лет назад Нагойский университет, где работает профессор Амано, подписал соглашение о сотрудничестве с Институтом физики полупроводников им. А.В. Ржанова СО РАН. Сам Хироси Амано дал высокую оценку деятельности института, отметив, что исследования в нем ведутся на мировом уровне. «Мы обсуждаем перспективы взаимодействия с НГУ, ведь здесь тоже проводятся работы в области полупроводников», — прокомментировал господин Амано и отметил, что для него большая честь — получить звание почетного доктора НГУ.

Москва

Международная группа ученых из Университета Джорджа Вашингтона (США) и Московского физико-технического института (Россия) разработала открытое техническое решение для многопараметрического оптического картирования электрической активности сердца. Одновременная регистрация нескольких взаимосвязанных процессов (электрического возбуждения и изменений внутриклеточных концентраций кальция) может помочь глубже понять механизмы сердечных аритмий. 3D-модели компонентов системы и программный код для анализа полученных данных выложены в открытый доступ, что позволяет использовать разработанную систему другим группам исследователей. Работа опубликована в журнале Scientific Reports.

Томск

Четверо выпускников радиофизического факультета Томского государственного университета получили награды Международной лазерной ассоциации за лучшие выпускные работы 2018 года. Ежегодно Лазерная ассоциация устраивает конкурс выпускных квалификационных работ, содержание которых связано с использованием лазерной техники или лазерных технологий. В этот раз победителями стали девять выпускников российских вузов, среди них — два бакалавра и два магистра кафедры оптико-электронных систем и дистанционного зондирования радиофизического факультета ТГУ. Их исследования помогают, в частности, делать более точные прогнозы погоды, объяснять и предсказывать глобальные изменения климата. Победителями конкурса стали: Виктор Шишко, Василий Метлин, Роман Эбель и Егор Соин.

Как появилась корова

Международная команда ученых определила генетические механизмы эволюции жвачных животных от оленька до крупного рогатого скота с помощью выявления перестроек в горячих точках хромосом. Статья об этом опубликована в журнале *Genome Research*, относящемся к первому кварталу.

Метод позволил установить, как происходила хромосомная перестройка у жвачных, — другими словами, как менялись гены в горячих точках (так называются участки хромосом, которые в ходе эволюции подвергаются трансформации, в отличие от холодных точек, сохраняющих блоки генов в нетронутым виде). Выяснилось, что эти изменения влияют на регуляцию целых групп физиологически важных генов, в частности отвечающих за пищеварение, которое является характерным для всего под-

отряда жвачных, принадлежащих к отряду парнокопытных, и отличает их от других животных.

«У жвачных животных сложная система пищеварения, которая стала такой в процессе эволюции. Известно, что предки всех млекопитающих — насекомоядные, имеющие много общего с хищниками. Еду они практически не пережевывают, переваривают очень быстро, поэтому питаться им надо часто. У жвачных процесс пищеварения гораздо более длительный, желудок состоит из четырех отделов, и переваривание происходит в четыре этапа. Хотя, вероятно, и жвачные животные когда-то питались тем, что бегает. И сегодня в Юго-Восточной Азии обитает олень — самое маленькое и самое древнее жвачное животное в мире — он ест крабов, мышей. В новости, которая вышла недавно, к хищникам причислили кабаргу, но она, несмотря на наличие клыков, пита-

ется исключительно растительной пищей, в частности листьями и мхом», — рассказывает соавтор статьи, руководитель научного направления Института молекулярной и клеточной биологии СО РАН доктор биологических наук **Александр Сергеевич Графодатский**. Под его руководством геномы парнокопытных в новосибирском Академгородке начали изучать почти 40 лет назад.

Сегодня для исследования геномов в ИМКБ СО РАН используют метод хромосомной живописи (ZooFISH). Он получил такое название из-за того, что хромосомы окрашиваются флуорохромами — красителями, способными светиться в ультрафиолетовом или синем излучении. Это делается, чтобы сравнивать участки хромосом у разных видов и определять, какие из них в процессе эволюции остались неизменными, а какие подверглись перестройке. Метод в совокупности с данными секвенирования и биоинформа-

тики, полученными за рубежом, позволил с большой точностью определить хромосомные перестройки важнейших для эволюции представителей китопарнокопытных, к которым относятся и жвачные животные. Были исследованы хромосомы альпаки, серого кита, яванского оленька, сибирской кабарги, жирафа, лани, сибирской косули, черной антилопы, овцебыка и коровы.

«Мы получили крайне интересные результаты, многие из них еще ждут своего подтверждения, в частности есть основания предполагать, что те же хромосомные перестройки, которые ответственны за изменения типа пищеварения, связаны и с особенностями деторождения», — отмечает Александр Графодатский.

Работа выполняется при поддержке гранта РНФ № 16-14-10009.

Александра Федосеева

Эксперты ИТЭР выбрали материал для защиты от потока термоядерных нейтронов в реакторе

Ученые Института ядерной физики им. Г.И. Будкера СО РАН предложили защищать конструкции токамака ИТЭР (ITER, International Thermonuclear Experimental Reactor) от потока термоядерных нейтронов с помощью керамики из карбида бора. Разные типы керамики были исследованы на экспериментальных стендах института, после чего отчет об экспериментах был рассмотрен и утвержден экспертами ИТЭР. Результаты исследования выложены в базу данных ИТЭР.

Международный экспериментальный термоядерный реактор ИТЭР, призванный продемонстрировать возможность использования термоядерной энергии в промышленных масштабах, будет содержать более миллиона элементов, 25 из них — диагностические порт-плаги. Для примера: экваториальный порт-плаг — это 45-тонная конструкция, которая, с одной стороны, защищает оборудование от потока нейтронов и снижает радиационный фон в зонах, требующих доступа специалистов, а с другой — содержит различные диагностические системы для контроля параметров плазмы, то есть имеет выходы в горячую область реактора.

Стандартный способ радиационной защиты в реакторах (железобетонный) по различным показателям в данном случае не подходит. Для защиты оборудования от нейтронов ИЯФ СО РАН предложил альтернативный способ — использование керамики из карбида бора.

Старший научный сотрудник ИЯФ СО РАН кандидат физико-математических наук **Андрей Алексеевич Шошин** отметил, что железобетонный способ защиты, используемый в реакторах деления, не подходит для проекта ИТЭР из-за строгих ограничений по весу всей конструкции. «Нам был нужен очень легкий материал, — пояснил он, — который эффективно захватывает как горячие нейтроны, рожденные в результате термоядерных реакций, так и медленные, рассеянные затем на элементах конструкций. Материалом, отвечающим всем требованиям, оказался бор. Точнее, одно из его самых легких соединений — карбид бора. Чтобы предложить использование керамики из карбида бора в проекте ИТЭР, мы провели элементный анализ, показавший, что материал не содержит запрещенных примесей, и доказали, что его можно использовать в вакууме».

Исследования керамики из карбида бора проводились в вакуумной лаборато-

рии ИЯФ СО РАН. Научный сотрудник ИЯФ СО РАН кандидат технических наук **Алексей Михайлович Семёнов** отметил, что материал, используемый для нейтронной защиты, будет находиться в вакууме, получение которого зависит не только от средств откачки, но также и от того, как газ выделяется веществом. «Чтобы показать, как керамика из карбида бора ведет себя в вакууме, — сказал он, — мы проводили опыты по измерению коэффициента термического газоотделения для двух ее видов — горячепрессованной и свободнопеченной. Новизна экспериментов в том, что этот материал никто и никогда не использовал в вакуумных технологиях (только для создания бронезилов). Вакуумные свойства керамики из карбида бора были малоизучены».

После проведения опытов с данным материалом ученые ИЯФ СО РАН представили отчет в головную организацию проекта ИТЭР, которая утвердила керамику из карбида бора как материал для нейтронной защиты.

«Будкерский институт принимает участие во многих международных научных проектах, — прокомментировал руководитель диагностического департамента ИТЭР **Майкл Уолш**. — ИТЭР — не исключение. Перед специалистами из Новосибирска стояла задача — изучить материал, способный обеспечить эффективную радиационную защиту и снизить радиационный фон, при этом не утяжелив конструкцию токамака».

Керамика из карбида бора, отметил Майкл Уолш, будет использоваться в условиях высокого вакуума, поэтому для корректных результатов ученым нужно было решить сложную физическую задачу — измерить коэффициент термического газоотделения карбида бора. «С ней наши коллеги блестяще справились, — сказал Марк Уолш. — Следующая задача — разработать технологию производства керамики из карбида бора для ИТЭР, которая позволит наращивать материал в больших объемах по разумной стоимости. Для ИТЭР ключевыми характеристиками при выборе материала были малый вес и способность эффективно поглощать нейтроны. Но керамика из карбида бора может использоваться и в других областях: например, в ядерной промышленности как поглотитель нейтронов, в аэрокосмической отрасли, которой необходимы новые композитные материалы с металлической матрицей, на производствах, где требуются сверхпрочные конструкции».

Пресс-служба ИЯФ СО РАН

Ученые исследуют генетическое разнообразие народов Сибири

На протяжении десятилетий специалисты ФИЦ «Институт цитологии и генетики СО РАН» самостоятельно и в составе международных научных коллективов изучают генетическое разнообразие народов Сибири. Последние результаты, касающиеся народов самодийской группы, опубликованы в журнале *American Journal of Human Biology*.

Самодийские языки относятся к уральской языковой семье и делятся, в свою очередь, на две ветви. К народам северной ветви относятся ненцы, энцы, а также нганасаны, живущие на полуострове Таймыр. Южная представлена селькупам, ареал которых доходит до Южной Сибири. Образ жизни этих народов (несмотря на языковую общность) разный: одни занимаются оленеводством, другие — преимущественно охотники и рыболовы. Как показали последние исследования, генетические корни у них тоже разные.

В своей работе ученые применили новый подход, когда изучению подвергалась не только митохондриальная ДНК, но и аутосомные маркеры однонуклеотидного полиморфизма (SNP). В исследовании было задействовано большое число образцов ДНК из 27 современных популяций и из 6 древних популяций (археологические культуры Сибири). Всё это позволило воссоздать более полную картину взаимодействия этносов при заселении ими территории Сибири.

Надо отметить, что в этом процессе в разные эпохи участвовали различные этнические группы. Если говорить о современных народах, то, к примеру, буряты генетически близки к монголам, телеуты — к тюркоязычным популяциям Центральной Азии, ханты — к селькупам, а нганасаны формируют отдельный кластер, близкий к эвенкам, юкагирам и корякам.

В целом, отмечают ученые, для сибирских этносов характерно высокое генетическое разнообразие, что можно объяснить в том числе эндогамией и дрейфом генов, возникающих в небольших изолированных популяциях. В результате некоторые народы Сибири (нганасаны, эвенки, юкагиры и коряки), по-видимому, не испытали в своей истории заметного смешения с другими сибирскими популяциями. Другие же, напротив, хранят следы множественных смешений, чаще всего с предками нганасан или эвенков.

Проведенное исследование помога-

ет решить вопрос о происхождении современных самодийских народов, уточняя гипотезу о том, что они являются потомками коренных палеолитических популяций, которые были ассимилированы древними самодийскими племенами, пришедшими из Южной Сибири в середине первого тысячелетия н. э.

«Нганасаны, вероятно, являются прямыми потомками палеолитической популяции охотников на диких северных оленей, жившей на территории Таймыра уже несколько тысячелетий, которая затем была ассимилирована пришлыми самодийцами, — отмечает заведующая лабораторией популяционной этногенетики ФИЦ ИЦИГ СО РАН кандидат биологических наук **Людмила Павловна Осипова**. — Их язык и материальная культура предполагают также доисторические контакты с популяциями тунгусов и юкагиров».

Тундровые и лесные ненцы — потомки того же аборигенного племени, от которого происходят нганасаны, плюс значительный генетический вклад внесли самодийские племена. А вот у селькупов несколько другая генетическая история, они хранят в своем генофонде существенную долю южных самодийских племен.

Полученные результаты имеют значение не только для изучения истории заселения Сибири человеком. Генетическое родство подразумевает и наличие генетических особенностей, возникающих у популяции в ходе адаптации к условиям проживания. В случае с Сибирью речь идет о достаточно экстремальных природно-климатических условиях, в которых тем не менее в настоящее время живут миллионы людей.

Вполне естественно, что по мере освоения этих огромных и нужных экономикой страны территорий всё больше интереса вызывает опыт этносов, за тысячелетия приспособившихся к проживанию на них. Эта адаптация нашла отражение не только в обычаях и традициях этих народов, но и в их генофонде. Понимание этнической истории заселения Сибири позволяет лучше определять участки генома, ставшие адаптационным ответом популяции на вызовы окружающего мира. Авторы исследования нашли в геномах популяций Сибири множественные адаптации к низким температурам, сезонным колебаниям освещенности и ограниченным ресурсам пищи. Теперь эти находки стали материалом для дальнейших научных исследований.

Пресс-служба ФИЦ ИЦИГ СО РАН

На президиуме РАН обсудили новые методы генетики и селекции

Главной темой стало использование современных генетических технологий, в том числе редактирования генома, в целях повышения продуктивности агробиосистем.

«В России принята специальная программа по развитию генетических технологий, где есть четыре раздела: генетика в медицине, сельском хозяйстве, биотехнологиях, для безопасности. Сейчас в национальном проекте “Наука” предусматривается значительное финансирование, чтобы обеспечить эту программу», — отметил президент РАН академик Александр Михайлович Сергеев.

Директор Института общей генетики им. Н.И. Вавилова РАН доктор биологических наук Александр Михайлович Кудрявцев напомнил, что за последние 30 лет генетика совершила стремительный рывок вперед, связанный с появлением новых методик, которые позволили более детально изучать геном. В частности, в 1990-е годы начал широко применяться ПЦР-метод, в последние двадцать лет развиваются технологии секвенирования, биоинформатика. «Возможность геномного редактирования растений ста-

ла революцией в сельском хозяйстве», — сказал ученый, подчеркнув, что главная проблема на сегодня в этой сфере — недостаток высококвалифицированных кадров.

О том, как современные генетические технологии применяются для решения задач сельскохозяйственной науки и ее приложений в ФИЦ «Институт цитологии и генетики СО РАН», рассказал его научный руководитель академик Николай Александрович Колчанов. «После присоединения Сибирского НИИ растениеводства и селекции началось формирование уникального комплекса, который, во-первых, обеспечивает проведение полных циклов исследований от генерации фундаментальных знаний до приложений для сельского хозяйства. Во-вторых, это широкий спектр современных генетических технологий, которые могут комбинироваться в конвейерах, настраиваемых на нужные исследовательские задачи», — прокомментировал он.

Николай Колчанов назвал пример такого формирующегося конвейера — платформу полного цикла для генетики и селекции растений. Ученые объединили в один процесс имеющиеся генетические

коллекции, фитотрон, омиксные технологии (геномику, транскриптомику, протеомику), биоинформатику, геномное редактирование, трансгенез, методы клеточной биологии. «В результате можно ускоренным способом получать перспективные генетические линии, передавая их в селекционные организации для проведения полевых исследований, конечно, с использованием генетических подходов для создания новых сортов растений», — сказал Николай Колчанов.

Он также сообщил, что в 2018 году международный консорциум закончил полную расшифровку генома мягкой пшеницы. В рамках этого проекта ФИЦ ИЦиГ СО РАН и ФИЦ Биотехнологии РАН отвечали за секвенирование хромосомы 5b. «Очень удачным оказалось, что хромосома содержит большое количество генов устойчивости к фитопатогенам, и эти гены сейчас вводятся в практику селекции», — отметил академик Колчанов.

Кроме того, Николай Александрович перечислил ряд результатов, которые получены сибирскими учеными с помощью других новых генетических методов. Так, с использованием маркер-ориенти-

рованной селекции был создан сорт мягкой пшеницы, устойчивой к бурой ржавчине. Геномное редактирование, в ходе которого можно заменять нуклеотиды, нокаутировать, удалять или встраивать гены, помогло вывести линию мутантного ячменя. «Он характеризуется голозерностью семени, это хозяйственно ценный принцип», — прокомментировал Николай Колчанов. Применив клеточные технологии, в частности создание дигаплоидов (то есть растений, у которых в ядрах клеток содержится удвоенный гаплоидный геном), исследователи ФИЦ ИЦиГ СО РАН в сотрудничестве с уральскими коллегами получили сорт мягкой пшеницы «урало-сибирская 2».

«Я бы хотел обратить внимание, что сейчас генетика является источником больших данных, поэтому разрабатываются методы искусственного интеллекта и машинного обучения для анализа генетической информации, и это платформа для интенсивной интеграции математиков, IT-специалистов и генетиков», — завершил свое выступление Николай Колчанов.

Соб. инф.

НАУКА ДЛЯ ОБЩЕСТВА

Полевые мыши оказались способны различать числовые множества

«Эта работа корнями уходит в другое наше исследование. Мы выяснили, что грызуны, живущие около или на территориях рыжих лесных муравьев, должны принимать решения в зависимости от плотности соседей. В некоторые периоды года, примерно с мая по август, эта плотность очень высока. Муравьи прокладывают дороги, и когда там оживленное движение, это является препятствием для многих других живых существ: пауков, жуужелиц, грызунов. Мышь не может перейти такую дорогу, не рискуя быть покусанной муравьями, поэтому ей всё время нужно определять их плотность. Мы выяснили, что полевые мыши способны делать подобные оценки», — рассказывает старший научный сотрудник ИСиЭЖ СО РАН кандидат биологических наук Софья Николаевна Пантелеева.

Исследование проходило в лаборатории поведенческой экологии сообществ под руководством доктора биологических наук Жанны Ильиничны Резниковой. В первом эксперименте мыши охотились на муравьев, помещенных в два прозрачных туннеля с разным количеством насекомых. Животное могло войти в любой из них и выйти из него, нажав на эластичную крышку с прорезями.

Если большое количество кусачих муравьев — это угроза для мыши, то малое их число, наоборот, — лакомство. Муравьи кажутся мышам невероятно сладкими и питательными, и они нередко предпочитают их другим угощениям.

Выяснилось, что мыши отлично различают 5 и 15, 5 и 30, 10 и 30 насекомых, и всегда выбирают туннель, где муравьев меньше, чтобы охотиться с комфортом. Ученые предположили: если полевые мыши могут сравнить размер групп, отличающихся в несколько раз, то, быть может, они способны и к более точной оценке? Также возник вопрос, могут ли эти грызуны «считать» абстрактные сим-

Исследователи из Института систематики и экологии животных СО РАН установили, что полевые мыши *Apodemus agrarius* могут отличать не только 5 от 10 (разница между которыми хорошо заметна), но и 5 от 6, а также 8 от 9. Это превосходит способности многих приматов, а для грызунов описано впервые. Результаты исследования опубликованы в *Animal Cognition*.



Эксперимент с полевой мышью

волы? «Мы предположили, что если у мышей есть способность делать такие оценки количества муравьев, то они наделены базовым свойством к количественным оценкам предметного мира», — отмечает Софья Пантелеева.

Ученые поставили следующий эксперимент: мышей сажали на арену, по разные стороны которой были прикреплены коробочки, прикрытые шторками с изображенным на них набором геометрических фигур — квадратов, треугольников, кружков. Все фигуры были одинакового размера, но число их различалось, и комбинировались они на картинке по-разному. В одну из коробочек клали кусочек грецкого ореха. Если животное открывало шторку с нужным количеством фигур, лакомство доставалось ему (на этой стадии было не важно, что полевые мыши могли чувствовать угощение по запаху). Если же мышь выбирала неверный вариант, то ее наказывали — сажали на одну минуту на пустую темную арену. Такой опыт проделывался с одним зверь-

ком три раза, а затем он сдавал экзамен: в этот раз ни в какой из коробочек уже не было приманки. Здесь нужно было принять решение только на основе того, что изображено на бумаге, и выбрать тот зрительный стимул, который до этого подкрепляли. «Парадигма в таких случаях следующая: если животное стимулирует различает, значит, его можно научить связывать один из них с подкреплением. Если же не различает, то сделать это невозможно, потому что стимулы будут одинаковыми для него», — говорит Софья Пантелеева. Чтобы грызун не запомнил определенный геометрический узор, не ориентировался на какие-то другие признаки, а определял именно количество символов, ученые постоянно меняли шторки с комбинацией фигур, расположение арены, где проводился эксперимент, относительно источника света, предметов мебели.

В ходе эксперимента было показано, что полевые мыши способны отличать не только 5 от 10 объектов, но и 2 от 3, и да-

же 8 от 9, то есть определять абсолютное число элементов с точностью до единицы. Причем если «2 от 3» — это выбор на основе так называемого субитайзинга (свойства делать мгновенную оценку предметов в пределах четырех), то «5 от 6» и «8 от 9» находятся уже за его пределом, то есть определяются пересчетом.

Возможно, способность различать множества является одной из базовых для когнитивных функций, то есть на ее основе формируются какие-то другие способности.

«Следующий вопрос: как они это делают? В наших экспериментах различалось не только количество элементов, но также и общая площадь, занимаемая фигурами. По какому именно из этих признаков мыши осуществляют выбор, мы пока не можем сказать. Но они явно видят эти картинки по-разному, — говорит Софья Пантелеева. — Мы, чтобы отличить 8 от 9, будем, например, прикасаться и пересчитывать пальцем. Возможно, полевые мыши видят разницу и без этого пересчета. Это нам трудно представить, так же как и им было бы трудно представить, что у нас есть язык». Поэтому пока исследователи называют выдающиеся способности полевых мышей не счетом, а различением множеств.

Ученые попробовали повторить этот эксперимент с джунгарскими хомяками, но не вышло, поскольку те обучались хуже. «Полевые мыши, в отличие от лабораторных, не показали никакого угасания умственных способностей с возрастом и, похоже, сохраняли полученные навыки по меньшей мере в течение месяца, а некоторые особи — и значительно дольше. Они могут стать таким же базовым объектом для когнитивной этологии и сравнительной психологии, как дрозофилы для генетиков», — отмечают исследователи.

Диана Хомякова

Фото предоставлено исследователями

Сосны Братска показали высокую степень загрязненности города вредными веществами

Сотрудники Сибирского института физиологии и биохимии растений СО РАН (Иркутск) установили, что сосны, растущие на территории Братска, сильно загрязнены полициклическими ароматическими углеводородами (ПАУ). Результаты исследования опубликованы в журнале *Environmental Science and Pollution Research*.

Ученые лаборатории природных и антропогенных экосистем СИФИБР СО РАН под руководством доктора биологических наук **Татьяны Алексеевны Михайловой** исследуют, как выбросы промышленных предприятий Байкальского региона влияют на состояние лесов. Эта работа проводится с середины 1970-х годов. Пристальное внимание специалисты уделяют территориям, загрязняемым выбросами Иркутского и Братского алюминиевых заводов.

«Ранее мы изучали, в каких количествах в древесных растениях аккумулируются неорганические загрязнители: сера, тяжелые металлы, фтористые соединения. Известно, что последние высокотоксичны как для растений, так и для животных и человека, — рассказывает старший научный сотрудник лаборатории природных и антропогенных экосистем СИФИБР СО РАН кандидат биологических наук **Ольга Владимировна Калугина**. — Недавняя работа была посвящена исследованию в хвое деревьев Братска полициклических ароматических углеводородов (входящих в состав выбросов алюминиевых заводов). Это большой класс органических соединений, многие из которых канцерогенны. Более того, они способны распространяться на очень большие расстояния».

В мире существует множество научных исследований, где показан вред ПАУ, например бензапирена. Известно, что он обладает мутагенным и канцерогенным воздействием, влияет на дыхательную систему человека и на другие органы. У растений он затравливает все жизненно важные функции: обмен веществ, процессы фотосинтеза. Это вещество содержится и в выбросах автомобилей. Именно для того, чтобы снизить поступление в атмосферу бензапирена, был осуществлен переход на очищенное топливо.

«Сосна обыкновенная выступает как биоиндикатор загрязнений. Она широко распространена в регионе и очень чувствительна к выбросам. Даже внешний вид кроны уже показывает, здорово дерево или нет, поскольку при воздействии определенных соединений на хвое появляются некрозы (они выглядят как коричневые пятна). В Братске это очень хорошо прослеживается. Большинство сосен возле завода погибло, сейчас там произрастают одни лиственные деревья — тополь и береза, более устойчивые к воздействию ПАУ. А у тех немногочисленных сосен, что остались, желто-коричневая крона. Некрозы хвои возникают в результате воздействия высоких и очень высоких концентраций загрязнителей, — говорит Ольга Калугина. — Поврежденное выбросами дерево сильно ослабляется и становится восприимчивым к воздействию других факторов: стволовых вредителей, грибных заболеваний».

Часть ПАУ накапливается на поверхности хвои, а часть проникает непосредственно внутрь. Методика определения



Ветка сосны, поврежденной полициклическими ароматическими углеводородами (ПАУ)

ПАУ была отработана заведующим лабораторией хроматографии Лимнологического института СО РАН (Иркутск) кандидатом химических наук **Александром Георгиевичем Горшковым**. Исследовав насаждения Братска, ученые выявили, что суммарное количество полициклических ароматических углеводородов достигает максимальных значений (982 нг/г) в хвое деревьев Центрального городского округа, удаленного от завода до 10 километров. Именно там проживает больше половины населения Братска. В Падунском округе, удаленном до 25 километров, уровень ПАУ в хвое снижается, однако остается выше фоновых концентраций в 14,5–17,5 раз, а на удалении до 45 километров (Правобережный округ) — в 4,7–8,1 раза. Так, исследователи сделали выводы, что Братский алюминиевый завод оказывает негативное влияние на окружающую среду, причем не только вблизи, но и на достаточно большом расстоянии.

«Мы посмотрели, как в черте города в хвое накапливаются ПАУ, а потом сравнили наши результаты с данными медицинских исследований. Была обнаружена корреляция: в Центральном округе, где проживает подавляющее большинство населения Братска, заболеваемость органов дыхания, костно-мышечной, иммунной и эндокринной систем, а также появление злокачественных новообразований в несколько раз выше, чем в более удаленных от завода округах (Падунском и Правобережном). С этим надо что-то делать, — говорит Ольга Калугина. — К тому же Братск расположен таким об-

разом, что преобладающее направление ветров от алюминиевого завода идет в сторону города, и большинство вредных выбросов завода оседает там».

В ПАО «РУСАЛ Братск» обращают внимание на то, что бензапирен содержится не только в выбросах заводов. «Он присутствует в дымовых газах, копоти и саже, оседающих в дымоходах и на поверхностях, имевших контакт с дымом. Его находят и в местах стихийно возникающих лесных пожаров. Одним из наиболее распространенных источников бензапирена является пиролиз (термическое разложение органических и многих неорганических соединений. — Прим. ред.). Он используется для получения продукции народного хозяйства, которая зачастую становится вторичным источником поступления ПАУ в окружающую среду (например, асфальт). Будучи химически сравнительно устойчивым, бензапирен может долго мигрировать из одних объектов в другие. В результате многие объекты и процессы окружающей среды, сами не обладающие способностью синтезировать бензапирен, становятся его вторичными источниками», — сообщают представители завода. Это вещество в окружающую среду поставляют также предприятия энергетического комплекса, химическая и нефтеперерабатывающая промышленности. Вносит свой вклад и печное отопление домов частного сектора. Так, по данным Всемирной организации здравоохранения, внутри частного дома концентрация бензапирена достигает 70 нг/м³ при норме 0,12 нг/м³.

Один из основных источников загрязнения воздуха вредными веществами — автомобильный транспорт (особенно со сроком эксплуатации более десяти лет).

«Территория Братска загрязнена не только бензапиреном, но еще и семнадцатью стандартными ПАУ, многие из которых: антрацен, пирен, бенз(а)антрацен, бенз(б,к)флуорантен, бенз(д,х,и)пирен, индено(1,2,3-сд)пирен, — также обладают канцерогенными и мутагенными свойствами. Результаты наших и других исследований показали, что на территории Братска большая часть ПАУ поступает в атмосферу с выбросами алюминиевого производства; другие предприятия, в том числе теплоэлектростанции и автомобильный транспорт, вносят значительно меньший вклад. Частный сектор же большей частью расположен в Падунском и Правобережном округах, где загрязнение ПАУ значительно меньше, чем в центральной части города, наиболее близко расположенной к заводу», — отметили ученые.

Для улучшения экологической обстановки ПАО «РУСАЛ Братск» разработало ряд мер, которые вошли в комплексный план мероприятий по снижению выбросов в атмосферный воздух, планируемый к реализации в период 2019–2024 гг. Предполагается, что к концу этого срока объем выбросов загрязняющих веществ в воздух в крупных промышленных центрах России сократится не менее чем на 20 %.

Диана Хомякова

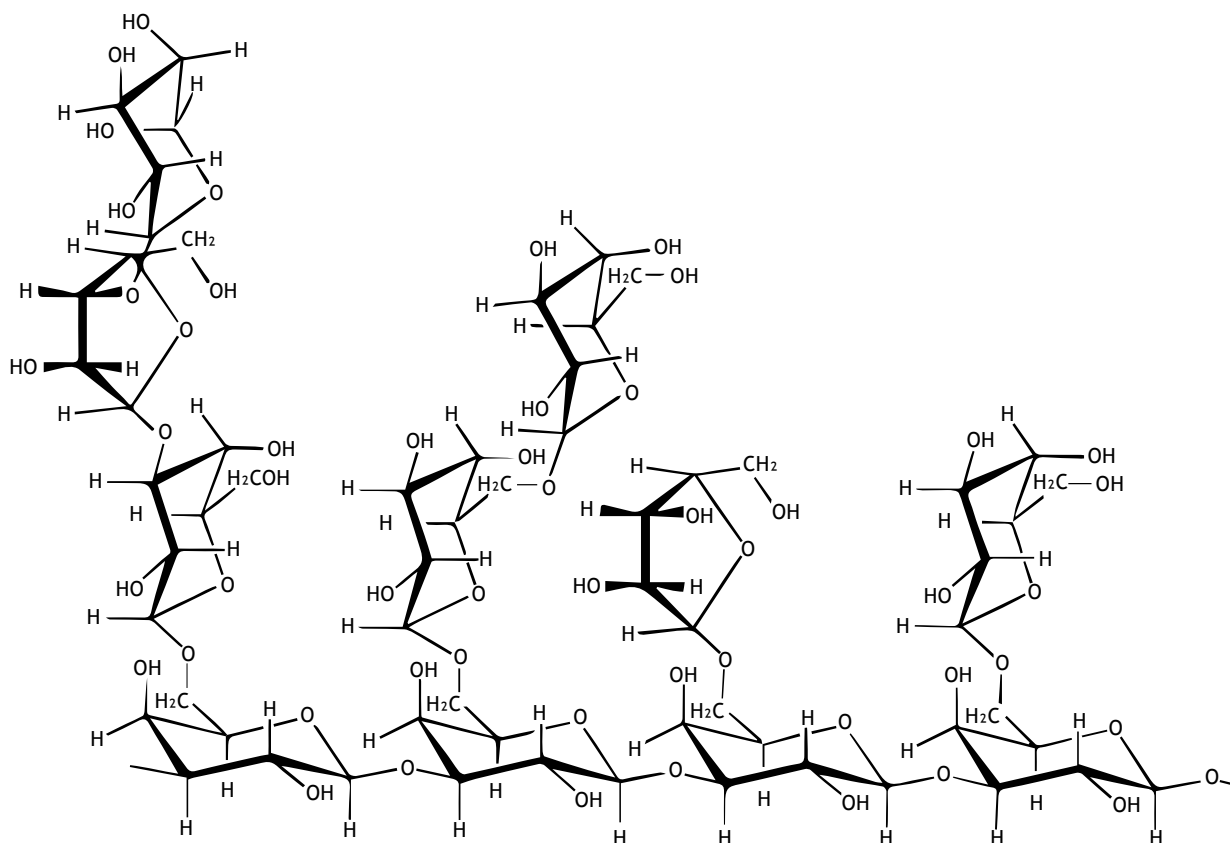
Фото предоставлено исследователями

Золото придало сверхсилу полисахариду

Ученые Иркутского института химии им. А.Е. Фаворского СО РАН создают перспективные нанобиокомпозиаты на основе полисахаридов. Они могут использоваться в плазмонно-усиленном катализе, биологии, медицине. Наиболее интересные применения ожидаются в тераностике (одновременной терапии и диагностике) онкозаболеваний.



Борис
Геннадьевич
Сухов



Фрагмент молекулы арабиногалактана

«Привнеся в макромолекулы крупнотоннажного биополимера из морских водорослей каррагинана золотые наночастицы, мы обнаружили заранее спрогнозированные нами принципиально новые качества. Прежде всего, соединение плазмонных свойств электропроводящих наночастиц и хиральных свойств природных оптически активных макромолекул полисахарида», — рассказывает заместитель директора по научной работе ИриХ СО РАН кандидат химических наук Борис Геннадьевич Сухов. Статья об этом опубликована в журнале первого квартала Carbohydrate Polymers.

Оружие № 1: противоопухолевая мощь тандема плазмоники и золотых наночастиц

Плазмоника, объединяющая достоинства электроники и фотоники, позволяет создавать сверхсильное по напряженности электрическое поле вблизи электропроводящих наночастиц. Если туда попадают молекулы из окружающей среды, то их спектральный отклик усиливается на многие порядки. Этот эффект широко применим в плазмонно-усиленном катализе, создании разнообразных оптических устройств, в том числе «шапок-невидимок», делающих объект невидимым в определенном диапазоне излучения. Он начал использоваться также в сверхчувствительной биомедицинской диагностике, способной дать много новой информации о болезни и позволяющей распознавать недуг на ранних стадиях. Чаще всего для этого используют наночастицы золота, которые имеют наивысшую среди металлов биосовместимость, как правило, не оказывают побочного действия и обладают большим количеством разнообразных терапевтических эффектов, в том числе — противо-

опухолевых, что позволяет использовать их для тераностики.

Так, сначала введенные в организм золотые наночастицы дают свой диагностический сигнал об обнаружении опухоли с помощью сверхсильной люминесценции в ближнем инфракрасном диапазоне. А затем под действием лазера, также работающего в этом диапазоне, в них возбуждается резонансный плазмонный переменный ток, который их контролирует нагревает. Тогда наночастицы передают тепло на клетки опухоли. В зависимости от задачи эти клетки можно либо просто быстро «сжечь» термически (что опасно, поскольку от наплыва высокомолекулярных и токсических веществ термического разложения большого количества онкоклеток могут пострадать почки и другие органы), либо подольше подогреть при температуре чуть больше 40 °С. Тогда у онкоклеток «просыпается» физиологическая программа самоуничтожения — апоптоз, и они самоликвидируются без какого-либо вреда для организма.

Оружие № 2: хитрость хиральности

С другой стороны, исследователи из ИриХ использовали фундаментальное свойство некоторых молекул — их хиральность, то есть способность иметь свой антипод (наглядно — отражение в зеркале), несовместимый с оригиналом и поэтому обладающий совершенно иными свойствами, особенно по отношению к другим хиральным молекулам или их антиподам. Так, при взгляде в зеркало человек-правша видит свой антипод — левшу, у которого и сердце бьется на правой стороне груди, и печень находится слева. Хиральность молекулярных структур представляет собой основу

кодирования и распознавания индивидуальной информации в биологии.

«Живое вещество преимущественно хирально. Причем оно существует в виде только одного энантиомера, то есть индивидуальность таких биологических молекул предполагает существование только «левши» или только «правши». Лекарство тоже может быть либо «правшой», либо «левшой», — объясняет Борис Сухов. — Их взаимодействие проиллюстрировать очень просто: если оба собеседника-правши здороваются правыми руками, получается крепкое рукопожатие, то есть в нашем случае — эффективное биологическое взаимодействие. А теперь представим, что лекарство — «левша», а биологическая молекула — «правша». При их контакте никакого надежного взаимодействия не происходит. Поэтому хиральное лекарство нужно делать строго одного энантиомера, комплементарного биологическим молекулам, на которые оно направлено. Препараты, использующие такие свойства, проявляют особую, необычно высокую эффективность».

Дело в том, что хиральные молекулы проявляют свои свойства при взаимодействии друг с другом и миром через свои хиральные (закрученные по спирали вправо или влево) электрические поля. «Оказывается, хиральное поле, усиленное плазмонным полем наночастицы, может распространяться намного дальше, — объясняет исследователь. — По проводящим наночастицам постоянно бегут волны электронов, которые взаимодействуют с окружением. Если оно абсолютно симметрично, то и волна идет симметрично, а если окружение только «левши», то плазмонная волна тоже приобретает свойства «левши», то есть становится хиральной».

Недавно хирально-плазмонные свойства нанокомпозитов описали для взаимодействия плазмонных частиц с ДНК. Иркутские ученые доказали, что хирально-плазмонный эффект может распространяться и на любые другие хиральные вещества, связанные с металлическими наночастицами, в частности на полисахариды, и это открывает огромное количество различных применений. Прежде всего, в биомедицинской тераностике. «Теперь хиральные поля молекул, связанных с золотыми наночастицами, значительно усилены плазмонным полем этих наночастиц, которое тоже стало хиральным за счет хирального полисахаридного окружения. И это придает всем вышеописанным востребованным плазмонным эффектам особенную, хиральную биоспецифичность», — говорит Борис Сухов.

Оружие № 3: магнитный потенциал

Выяснилось, что нанобиокомпозиаты на основе полисахаридов и частиц золота обладают еще и магнитными свойствами, что раньше считалось для золота невозможным. Во-первых, это позволяет по трансформации магнитных сигналов отследить предысторию синтеза наночастиц. Ученые ИриХ СО РАН показали: исходные ионы золота, из которых складывается наночастица, взаимодействуют сначала с макромолекулой сахара и окисляют ее по одному электрону. Когда это происходит, ответный неспаренный электрон, остающийся на полисахариде, начинает давать парамагнитный сигнал. Таким образом из исходного немагнитного полимера получается парамагнитный. Отслеживание того, как именно это происходит, представляет огромный фундаментальный интерес.

Во-вторых, магнитные свойства этих соединений позволяют использовать их в качестве меток при введении в организм для диагностики. Отслеживая с помощью обычных МРТ-приборов, как они накапливаются и перемещаются в организме, можно будет определять наличие тех или иных заболеваний. Сейчас для этого используются радиоактивные метки, что требует специального оборудования для улавливания радиоактивного сигнала и к тому же достаточно опасно. В-третьих, полисахаридные нанобиокомпозиаты можно рассматривать как магниточувствительную платформу для создания магнитоуправляемых лекарств.

Большой спектр применения для хиральных нанобиокомпозитов на основе полисахаридов существует и в катализе. «Они позволяют сделать его энантиоселективным, то есть таким, при котором ускоряется только одна целевая реакция из нескольких возможных, причем в этом случае в ней будут рождаться строго «левые» или строго «правые» молекулы (как уже обсуждалось выше, это особенно важно для получения хиральных, «правых» или «левых» молекул лекарств, наиболее эффективно взаимодействующих только с одной, тоже хиральной, «правой» или «левой» биомолекулой в живом организме)», — говорит исследователь.

Важно добавить, что полисахариды на сегодняшний день являются наиболее доступными биополимерами (к ним относится, например, самый распространенный на земном шаре органический полимер — целлюлоза). Эти материалы дешевы, выпускаются в больших объемах, и производители заинтересованы в новых сферах их применения.

Диана Хомякова

Фото Владимира Короткоручко
Схема предоставлена исследователем

Сибирские физики смоделировали атмосферу экзопланет

Сотрудники Института лазерной физики СО РАН в лабораторных условиях моделируют плазменный ветер, аналогичный тому, что испускают объекты в сотнях световых лет от Земли. Эти исследования имеют большое значение для изучения состава и динамики верхней атмосферы разных классов экзопланет, в том числе потенциально пригодных для жизни.



Ильдар Фаритович Шайхисламов

«Экзопланеты — это планеты вне Солнечной системы, расположенные около других звезд, — рассказывает заместитель директора по научной работе ИЛФ СО РАН доктор физико-математических наук Ильдар Фаритович Шайхисламов. — Обнаружить их довольно сложно, поэтому космические и наземные телескопы отслеживают не сами объекты, а блеск звезд, вокруг которых они вращаются. Проходя перед диском звезды, планета частично затеняет ее, образуя провал на графике светимости. По ширине, глубине и периодичности этого провала можно судить о размерах планеты и параметрах ее орбиты. Только в последние десятилетия развитие технологий позволило достичь необходимой чувствительности и точности астрономических наблюдений, так что эта область науки очень молодая».

Наиболее изученным классом экзопланет являются газовые гиганты, называемые горячими юпитерами. Они располагаются очень близко к материнским звездам: в десять раз ближе, чем Меркурий к Солнцу. Под действием ионизирующего излучения их атмосфера нагревается до сверхвысоких температур: от 1 000 до 4 000 °С. Такие экзопланеты обнаружить проще всего: они имеют небольшой

период вращения вокруг звезд — несколько дней, и, кроме того, из-за теплового расширения их радиус намного шире, благодаря чему эти объекты затеняют звезды в определенных спектральных интервалах гораздо сильнее.

Подобно Солнцу, горячие экзопланеты выбрасывают в космическое пространство потоки плазмы: под действием ионизирующего излучения материнских звезд их атмосфера нагревается и испытывает сверхзвуковое истечение. «О плазменном ветре экзопланет нам пока практически ничего не известно, поскольку получить качественные наблюдательные данные об этом объекте очень сложно, — говорит Ильдар Шайхисламов. — Изучать явление детально можно только с помощью лабораторных экспериментов и численного моделирования».

В рамках проекта «Экзосфера горячих экзопланет и ее наблюдательные проявления», поддержанного грантом РФФИ, физики моделируют условия, близкие к тем, что могут существовать в окрестности горячих экзопланет. «У Земли и ряда других планет Солнечной системы имеется дипольное магнитное поле, — комментирует Ильдар Шайхисламов, — предполага-

ется, что с помощью особых источников плазмы на конструкции магнитного диполя мы смоделировали высокоскоростной энергетический поток. Аналогичные эксперименты проводились в Японии и США, но мы применили оригинальный подход, благодаря которому удалось получить действительно мощный поток плазмы в сильном магнитном поле. В ходе эксперимента мы наблюдали рождение особой магнитной структуры — магнитодиска».

Изначально исследователи не предполагали, что в ходе экспериментов могут образовываться подобные структуры. Магнитодиски встречаются в Солнечной системе, например на Юпитере, но применительно к экзопланетам они не были изучены. Однако из теоретических работ сотрудников Института космических исследований в Граце Австрийской академии наук новосибирские ученые узнали, что это возможно.

В ходе последующих лабораторных экспериментов физики измерили параметры магнитодиска и описали его свойства. Оказалось, что он может сильно менять структуру магнитного поля на больших расстояниях и влиять на формирование магнитосферы — как и было предсказано в теории. По результатам этих работ сотрудники ИЛФ СО РАН в соавторстве с зарубежными коллегами опубликовали статью в *Astrophysical Journal* (Antonov, V. M., Boyarinsev, E. L., Boyko, A. A., Zakharov, Y. P., Melekhov, A. V., Ponomarenko, A. G., ... & Lammer, H. (2013). Inflation of a dipole field in laboratory experiments: Toward an understanding of magnetodisk formation in the magnetosphere of a hot Jupiter. *The Astrophysical Journal*, 769(1), 28), описывающую результаты лабораторного эксперимента применительно к экзопланетам класса горячих юпитеров.

«Единственное, чего мы не могли воспроизвести в лабораторных эксперимен-

тах, — это гравитация, — рассказывает Ильдар Шайхисламов, — смоделировать ее невозможно, хотя этот параметр также имеет важное значение: сверхзвуковое течение плазмы формируется в условиях определенного баланса верхней атмосферы между гравитацией планеты и нагревом звездным излучением».

Кооперация ученых, принимающих участие в исследовании, довольно широка. Помимо коллег из Австрии в связке с новосибирскими физиками работают сотрудники ФИЦ «Красноярский научный центр СО РАН». Следующий этап исследований состоял в численном моделировании атмосферы горячих экзопланет, в том числе с учетом гравитации и вращения планеты, к которому подключились математики из Института вычислительных технологий СО РАН.

По словам Ильдара Шайхисламова, эта работа имеет большие перспективы. «Знания, полученные нами, имеют универсальный характер и чрезвычайно важны для всей астрофизики в целом. Построив экспериментальные и численные модели, которые будут охватывать все стороны явления, мы получим возможность делать заключения о температуре, концентрации и других параметрах плазменного ветра, — отмечает он. — Более того, взаимодействие обширной планетарной плазмосферы с потоком звездной плазмы вызывает интересные наблюдательные проявления. Например, телескоп Хаббл зарегистрировал значительное поглощение в линии Лайман-альфа атома водорода, вызванное таким взаимодействием. Это открывает перспективы мониторинга космической погоды вокруг других звезд, что является важным фактором для обитаемости экзопланет».

Юлия Ключникова
Фото автора

Мамонтенок Юка подарил миру еще одно открытие

Ученым впервые удалось получить биологически активные клетки ископаемого животного и частично восстановить его ДНК. Материал был взят из тканей мамонта, около 28 тысяч лет находившегося в вечной мерзлоте. Результаты исследования коллаборации специалистов из Японии и России опубликованы в журнале *Scientific Reports*.



Молодого мамонта, названного Юка, нашли в 2011 году на берегу моря Лаптевых в Усть-Янском районе Якутии. Его тело лежало в вечной мерзлоте, поэтому хорошо сохранилось до наших дней: мягкие ткани, головной мозг, шкура не затронуты гниением, а шерсть — яркого рыжего оттенка, который характерен для мамонят. Ученые с помощью масс-спектрометра проанализировали костный мозг и мышечные ткани мамонта и установили, что в них присутствуют структуры, содержащие компоненты ядерного белка.

Как известно, в ядрах содержится большая часть генетического материала

клетки — длинные линейные молекулы ДНК, связанные с хромосомами. Ядро можно назвать «центром управления» клетки: белки, которые входят в его состав, регулируют клеточные процессы с помощью экспрессии генов. Поэтому ядра могут быть источником большого количества биологической информации. В последнем исследовании генетики решили попробовать восстановить функции ядерных клеток ископаемого мамонтенка.

Перед началом исследования ученые проверили белок из образцов тканей на принадлежность мамонту с помощью полного геномного секвенирования.

Кроме того, был проведен сравнительный анализ геномных последовательностей и протеомных данных, который также подтвердил, что белки принадлежат мамонту, а не попали в ткани извне.

Затем ядроподобные структуры, полученные от мамонта, ученые перенесли в мышинные яйцеклетки: исследователи предположили, что при трансплантации в живые клетки ядра могут проявить биологическую активность. Метод пересадки клеточных ядер одного организма в другой называется методом ядерного переноса; он используется в клонировании для создания копии живого организма.

Часть клеток мамонта (21 %) действительно начала образовывать новые структуры, похожие на пронуклеусы (предшественники ядра, которые формируются в яйцеклетке в процессе оплодотворения), а также веретено деления, необходимое для сегрегации хромосом и деления клетки, — такое явление обычно наблюдается при клонировании. Эксперимент показал, что ядра клеток ископаемого до сих пор активны, как минимум частично. Также установлено, что с помощью мышинных яйцеклеток могут быть активизированы древние белки, связанные с ДНК, — гистоны.

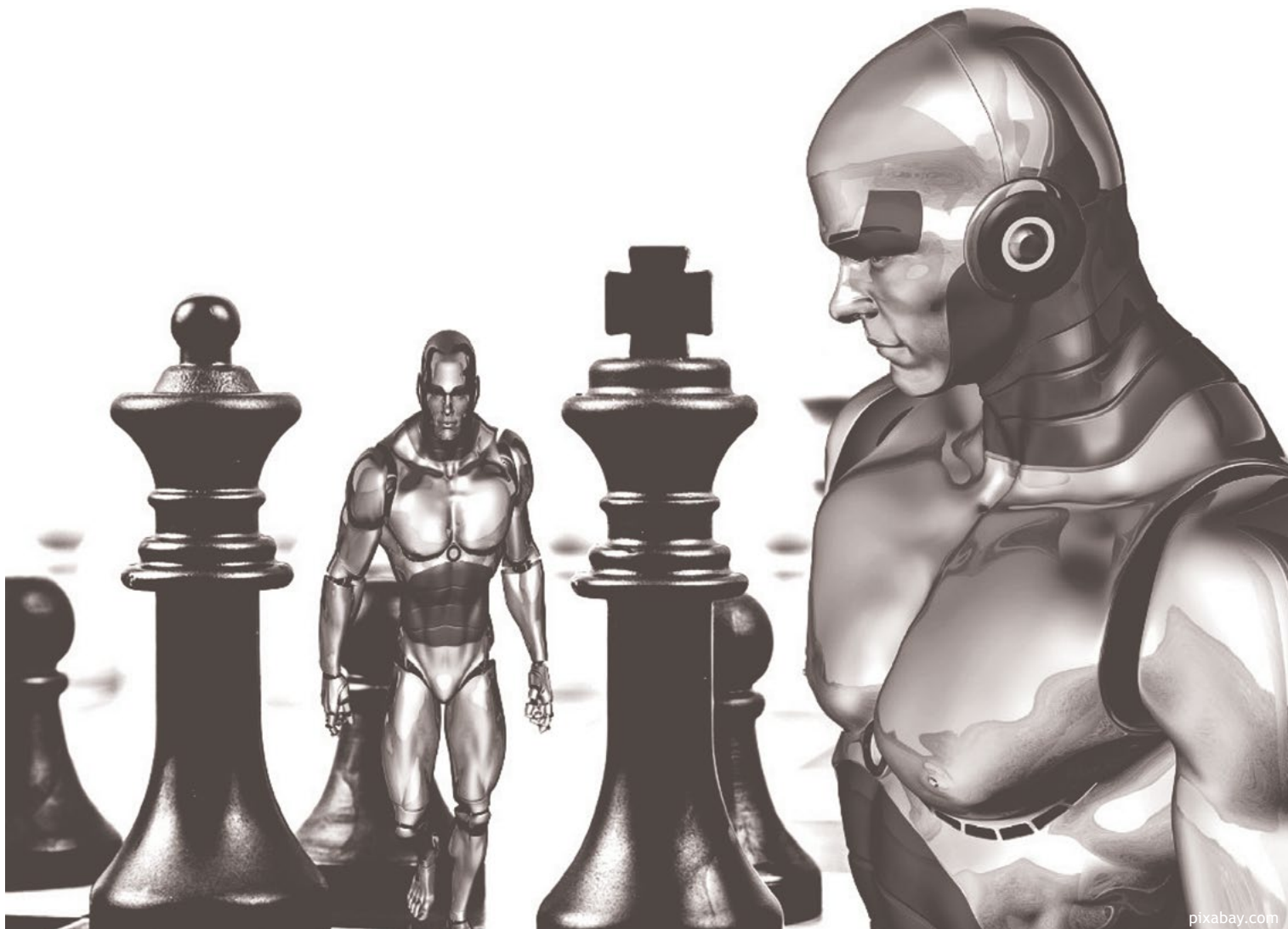
Ученые считают, что исследование способно проложить путь к расшифровке биологической информации, которая сохранилась в клетках ископаемых животных, в частности — о механизмах эволюции и причинах вымирания. В то же время в статье подчеркивается, что клонирование мамонта по этой методике вряд ли возможно.

«Оптимизм в вопросах возрождения мамонта и использования результатов,

полученных в данном исследовании, конечно, имеется. Все-таки впервые запустились ядерные белки мамонта. Я придерживаюсь позиции, что клонировать мамонта классическим путем нельзя. Но надеюсь, что когда-нибудь его удастся возродить. Возможно, используя подход Джорджа Черча с применением методики CRISPR», — отмечает один из авторов статьи, руководитель отдела изучения мамонтовой фауны Академии наук Республики Саха (Якутия) доктор биологических наук Альберт Васильевич Протопопов. — Возрождение вымерших животных — это возврат человеком долга перед природой. Есть мнение, что мамонты тоже были уничтожены людьми».

Якутские ученые сотрудничают с командой исследователей из Японии во главе с Акирой Иритани с конца 1990-х годов, совместных работ по изучению Юки было уже несколько, и получено немало результатов. «К мамонту Юке относится много эпитетов «впервые в мире». У него обнаружили головной мозг — пока это единственный найденный мозг ископаемого животного в мире; обнаружили расширение на хоботе, благодаря которому мамонты могли зимой собирать снег для питья, когда водоемы замерзали. Это первый известный нам детеныш мамонта возраста 6–8 лет. Все остальные мамонята имеют возраст около года. Сейчас идет реконструкция гибели Юки, мы наконец подготовили доказательную базу того, что его убили пещерные львы и потом разделали люди», — говорит Альберт Протопопов.

Александра Федосеева
Фото Валерия Плотникова



Андрей Васильевич Юрченко

Боты в погонах

Войны в киберпространстве и кибернетизация обычных войн, атаки без единого выстрела и диверсии без единого грамма взрывчатки... В новых реалиях помогает разобраться заместитель директора Института вычислительных технологий СО РАН Андрей Васильевич Юрченко.

— Для начала определимся с понятиями. Что можно считать кибервойнами?

— Иногда ими называют агрессивные действия, в которых интернет используется только как канал коммуникации: например, информационные атаки, обработку и формирование общественного мнения, «сливы и компроматы» и тому подобное. Но в сфере пропаганды интернет выступает таким же инструментом, как телевидение или радио. Эфиры геббельсовских станций или «Радио Свобода» — примеры воздействия на массовое сознание с применением аналоговых средств вещания. Сейчас каналов распространения стало больше, а методы ведения информационных войн — изощреннее. Однако кибервойнами правильнее называть целенаправленное воздействие на физическую инфраструктуру оппонента с использованием различных видов компьютерных атак, а возможны они стали именно благодаря широкому внедрению IT-технологий и сетей практически во всех отраслях промышленности и управления, равно как и в повседневном быту.

— Стирают ли кибервойны грань между военным и гражданским состоянием людей и организаций? Ведь человек, не состоящий в вооруженных силах и не принявший воинской присяги, может нанести огромный урон?

— Киберинфраструктуры, информационные сети и компьютерные устройства пронизали всю нашу жизнь, с их помощью мы можем управлять всем: от банковского счета до дверного замка. Как и многие прежние технологические новинки, они нашли применение в военной, силовой сфере. Объектом кибератаки может стать формация вражеских беспилотников или центр управления их

полетом, но точно так же — автоматика атомной станции или личный банковский счет. Эффективность удара и причиненный урон никак не связаны с формальной принадлежностью атакующего к вооруженным силам. Тем более, кажется, их массированное применение осталось в XX столетии. Сегодняшние войны очень удачно зовутся гибридными: в одном и том же столкновении задействованы не большие формирования профессиональных государственных армий, частные военные компании, отряды «ополченцев» с не совсем понятным статусом и деюре гражданские специалисты IT-сферы. Они находятся далеко от горячих точек, но именно их действия всё больше определяют успех боевых операций. В целом же институциональный, социальный, психологический облик войны меняется буквально на наших глазах: усложняется структура конфликтов, завышая в их сюжеты государства, армии, корпорации, спецслужбы, банки, неформальные сообщества и других игроков.

— Есть ли специфика у полностью онлайн-новых «боевых действий» (например, атака на банковскую информационную систему) и с выходом в офлайн-мир (воздействие на системы управления военной техникой)?

— Ответу коротко и категорично: полностью онлайн-новых атак не бывает. В конце цепочки всегда находится физический объект — тот же ваш банковский счет, например. В этом смысл кибервойны — воздействовать на материальный мир, включаящий в себя человека, его сознание и поведение. Промышленный или военный объект, космическая группировка или голос на выборах — все мишени материальны.

— Некоторое время единственным средством причинения вреда в информационной среде были вирусы (вирусные программы). Появились ли новые виды «оружия»?

— Да, средства кибервоздействия постоянно совершенствуются. Например, кибероружием стал сбор и целенаправленное использование персональных данных. Средства для этого весьма разнообразны и очень хорошо проработаны, ведь мы все оставляем следы в сетях, даже, казалось бы, ничего личного туда не вводя: мы используем определенные IP-адреса, браузеры, приложения, особым образом их вызываем, интересуемся конкретными темами и веб-ресурсами и так далее. А в результате формируем достаточно четкий «отпечаток», позволяющий нас почти однозначно идентифицировать и даже локализовать. И в итоге, чтобы определить нахождение субъекта X в точке Y, совсем не обязательно фотография солдата под пальмами, неосторожно выложенная в соцсети. Так государственные и частные армии, спецслужбы, преступные группировки, недобросовестно конкурирующие компании получают «разведданные», исходный материал для кибероружия и кибератак.

Другой вид кибероружия — так называемые армии ботов и ботнеты. Это тысячи и сотни тысяч зараженных компьютеров, готовых «выполнять указания» владельцев ботнета независимо от желания владельцев самих компьютеров. Они могут использоваться для самого широкого спектра кибератак, формируются с использованием вирусных технологий и социальной инженерии для проникновения и заражения компьютерных систем и уже давно стали массовым явлением. Опас-

ность ботнетов в их размерах и возможности проведения скоординированных атак на избранные узлы киберинфраструктуры: от компьютера топ-менеджера или чиновника до системы управления производством или финансовой системы, — уязвимости есть везде.

Инструментом кибервойны стало и активное распространение дезинформации, фейковых новостей и просто информационного мусора, в которых неизбежно теряется нечто важное, которые мешают анализу реальной ситуации и принятию адекватных решений.

Не менее важно, что наряду с развитием кибероружия расширяется и спектр устройств, уязвимых к нему. Некоторые из них могут иметь в силу своей специфики сравнительно слабые средства защиты и при этом способны непосредственно воздействовать на физический мир. К примеру, можно вызвать пожар воздействием на умный чайник, испортить продукты в интеллектуальном холодильнике, даже непосредственно убить человека, атаковав подключенный к Сети кардиостимулятор, инсулиновую помпу или другой носимый медицинский прибор.

— «Работаем в облаке» — это словосочетание стало привычным. Есть ли у облачных систем и технологий специфические уязвимости?

— Да, есть. Специфика связана с тем, что облачные технологии подразумевают работу с данными не по закрытым каналам, а через интернет. Конечно, создатели облачных сервисов заявляют об их гарантированной защищенности от несанкционированных вторжений, но это типичная история «борьбы брони и снаряда». Опасность вторжения в связь между облаком и пользователем всегда существует: хотя бы потому, что сам пользователь всегда является слабым звеном, уязвимым к методам социальной инженерии.

Принципиальное отличие необлачной технологии заключается в возможности создания системы, физически полностью изолированной от внешних сетей. Войти в нее без физического же контакта невозможно, а ограничить доступ к небольшому периметру намного проще, чем к глобальной компьютерной сети. В военных, полицейских, банковских, корпоративных информационных системах строят не просто защищенные периметры, но физически изолированные от внешнего мира, замкнутые внутри себя. Они не могут быть атакованы тем кибероружием, о котором мы говорили: единственным инструментом воздействия способен стать только человеческий фактор, то есть «крот» внутри сети. Для облачных технологий такого простого решения нет, поэтому их провайдеры вынуждены строить сложные многоуровневые системы защиты, чтобы обезопасить своих пользователей. И это вечная борьба, основанная на балансе между стоимостью защиты, взлома и ценностью того, что защищается.

Когда речь идет о государственных интересах, ценность защищаемого становится сверхвысокой, и ресурсы, направляемые на разработку и на взлом защитных систем, могут стать очень большими. В ситуации возможности крупномасштабной кибервойны с потенциально катастрофическими последствиями средства для обеспечения кибербезопасности (как и для создания кибероружия) могут стать и уже становятся существенной частью военных бюджетов.

Беседовал Андрей Соболевский
Фото автора и из открытых источников

Вниманию читателей «НвС»
в Новосибирске!

Свежие номера газеты можно
приобрести или получить по подписке
в холле здания Президиума СО РАН
с 9.00 до 18.00 в рабочие дни
(Академгородок, проспект Академика
Лаврентьева, 17), а также газету мож-
но найти в НГУ, НГПУ, НГТУ, литератур-
ном магазине «КапиталЪ» (ул. Максима
Горького, 78) и Сибирском территори-
альном управлении Министерства нау-
ки и высшего образования РФ (Морской
пр., 2, 2-й этаж).

Адрес редакции:
Россия, 630090, г. Новосибирск,
проспект Академика Лаврентьева, 17.
Тел./факс: 330-81-58.

Мнение редакции может
не совпадать
с мнением авторов

При перепечатке материалов
ссылка на «НвС» обязательна

Отпечатано в типографии
АО «Советская Сибирь»:
630048, г. Новосибирск,
ул. Немировича-Данченко, 104.

Подписано к печати: 20.03.2019 г.
Объем: 2 п.л. Тираж: 2 000 экз.
Стоимость рекламы: 70 руб. за кв. см.
Периодичность выхода газеты —
раз в неделю.

Рег. № 484 в Мининформпечати
России, ISSN 2542-050X
Подписной индекс 53012
в каталоге «Пресса России»:
подписка-2019, 1-е полугодие.
E-mail: presse@sb-ras.ru,
media@sb-ras.ru

© «Наука в Сибири», 2019 г.

КОНКУРС

Механико-математический факультет
Новосибирского государственного
университета объявляет выборы на
замещение вакантных должностей:
заведующий кафедрой гидродинами-
ки, заведующий кафедрой вычисли-
тельных систем, заведующий кафе-
дрой вычислительной математики, за-
ведующий кафедрой моделирования
механики макро- и наноструктур, за-
ведующий кафедрой прикладной ма-
тематики. Требования к кандидатам:
высшее профессиональное образо-
вание, наличие ученой степени и
ученого звания, стаж научно-пе-
дагогической работы или работы в
организациях по направлению про-
фессиональной деятельности, со-
ответствующей деятельности кафедр-
ры, не менее пяти лет. Срок подачи
документов — один месяц со дня
опубликования объявления. Доку-
менты подавать по адресу: 630090,
г. Новосибирск, ул. Пирогова, 1,
к. 4112, деканат ММФ. Справки по
тел.: 363-40-20.



По этой ссылке
вы можете
перейти на сайт
«Науки в Сибири»
www.sbras.info

Полстолетия для лисы — не возраст

Разбирая тему животных еще в начальной школе, мы узнаем, что есть до-
машние и дикие звери. Но вот в чем вопрос: как так получилось, что не-
которые виды успешно сосуществуют с человеком на протяжении многих
веков? Как от матерого волка произошел современный той-терьер? К со-
жалению, во всем, что связано с изучением длительных процессов, мы
вынуждены опираться лишь на данные, полученные в одной конкретной
временной точке. Мы не можем запустить процесс в лаборатории и на-
блюдать, как волк превращается в собаку. Или можем?

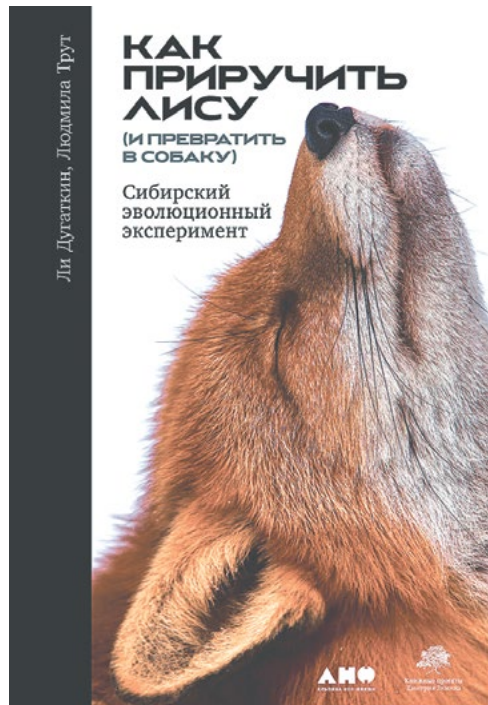


Академик **Дмитрий Константинович Бе-
ляев**, замысливая свой уникальный и
весьма продолжительный эксперимент
по domestикации лисиц, считал, что да-
же если он сам не увидит результатов,
их оценят люди, которые станут жить по-
сле него. На днях издательство «Альпи-
на Нонфикшн» выпустило в переводе на
русский язык книгу **Ли Дугаткина** и **Люд-
милы Трут** «Как приручить лису (и пре-
вратить в собаку). Сибирский эволюци-
онный эксперимент», в которой расска-
зывается о том, как велась эта работа и
чего удалось достигнуть. В прошлом го-
ду она была опубликована на английском
языке и удостоилась награды Американ-
ской ассоциации содействия развитию
науки как лучшая научно-популярная
книга для молодежи.

И это неудивительно, ведь написана
она как самый настоящий приключенче-
ский роман, где есть главный герой (ко-
нечно, академик Беляев) и антигерой
(«академик от сохи» **Трофим Лысенко**),
рассказчица (**Людмила Трут**), дальняя
дорога (на зверофермы в разных угол-
ках тогда еще СССР), друзья и помощни-
ки героя (исследователи из разных точек
мира, принимавшие участие в экспери-
менте) и, конечно, волшебные животные
— лисы. Невероятный Уголек, который
первым стал, как собака, приветливо ма-
хать хвостом при приближении челове-
ка. Или Пушинка — лисица, впервые раз-
делившая с человеком дом и приходив-
шая спать на диван к Людмиле Трут как

самая настоящая домашняя собака. Ко-
ко, в доме у друзей исследовательницы,
убежавшая с поводка и чуть не ставшая
чьим-то воротником для пальто. Удиви-
тельной образностью наполнено описа-
ние всех приключений, которые с ними
произошли.

Впечатляющий эксперимент, придуман-
ный академиком Беляевым, был на-
правлен на то, чтобы воспроизвести про-
цесс эволюции, происходивший с тем
или иным видом, при одомашнивании.
Только теперь люди были не просто мол-
чаливыми наблюдателями, которым до-
стаются крупными порциями информации,
но основной движущей силой этого процесса.
Помимо доброй к людям популяции, ко-
торая в книге называется «элитной», на
звероферме живет контрольная и агрес-
сивная группы. Шаг за шагом Дмитрий
Константинович Беляев и его ученики и
коллеги раскрывали тайны процессов,
происходящих при одомашнивании. От-
бирая дружелюбных к человеку особей
поколение за поколением, они получали
черно-бурую лисицу, всё более и более
приближающуюся по внешности к соба-
ке — появились свисающие уши и хвосты
колечком, изменилась окраска, укороти-
лась мордочка, а у взрослых лисиц стали
сохраняться детские черты: как во внеш-
ности, так и в поведении. Все эти при-
знаки указывали на внутренние измене-
ния: ученым удалось отследить подвижки
в гормональной системе, а совместно
с исследовательницей **Анной Кукековой**



(США) — и изменения в геноме. Полно-
стью геном domesticiрованной лисицы
пока не отсеквенирован, но ученым уда-
лось установить локусы, которые активи-
ровались в процессе одомашнивания.

Книга наполнена подробными и лю-
бопытными фактами об этом экспери-
менте. Например, несмотря на то, что я
неоднократно бывала на звероферме
(а также гладила и даже держала на ру-
ках лису), внезапным открытием для ме-
ня стало то, что самых первых пушистых
участниц эксперимента отобрала ко-
манда **Нины Сорокиной** на зверофер-
ме в Эстонии еще до того, как в Сибири
был основан Институт цитологии и гене-
тики. Затем некоторое время исследова-
ние проводилось на одной из звероферм
в четырех сотнях километров от Ново-
сибирска, и лишь позднее был построен
комплекс в Каинской Заимке.

Конечно, история эксперимента не
состоит только из хороших событий. Со-
бытия были разные. Лисичку Пушинку
и ее щенков одной несчастливой ночью
убили ради дорогой шкурки. В 1985 году
умер академик Беляев, а потом пришли
нестабильные и голодные 1990-е. Несмо-
тря на все старания Людмилы Трут, од-
нажды наступил такой момент, когда лю-
дям нечем стало платить, а лисиц нечем
стало кормить и лечить. Ужасная боль в
каждом слове, описывающем это время,
когда одних животных пришлось усып-
лять и сдавать на мех, чтобы смогли вы-
жить другие. Невозможно без слез чи-
тать об этом.

В поисках финансирования Людмила
Трут написала очень подробную статью
в журнал Scientific American, рассказав
об успехах и потенциале этого экспери-
мента. Статья была принята к публика-
ции, а деньги на то, чтобы лисички жили,
нашлись. Некоторые суммы присылали
в том числе и обычные люди, не ученые.
Уникальное наследие академика Беляе-
ва удалось сохранить.

Несмотря на более чем полувековую
историю domestикации лисиц, по-преж-
нему остаются тайны. Например, вместе
с изменением облика и поведения изме-
нились и звуки, которые издают лисицы.
Скажем, появился звук, очень похожий
на человеческий смех (вокализация «ха-
ха»), — зачем он нужен лисам? Много во-
просов остается и в отношении психоло-
гии этих удивительных зверей. Насколь-
ко они могут планировать свои действия,
учиться чему-либо? Какие эмоции они
испытывают по отношению к людям? Куда
приведет нас этот эксперимент еще че-
рез 50 лет?

Юлия Позднякова
Фото из открытых
источников (обложка),
автора и Екатерины Пустоляковой