



# Наука в Сибири

Газета Сибирского отделения Российской академии наук • Издается с 1961 года • 15 августа 2024 года • № 32 (3444) • 12+



## Одиноким странникам космоса: как «Вояджеры» объединили настоящее, прошлое и будущее



Читайте на стр. 4–5

Новость

## В Президиуме СО РАН в новосибирском Академгородке прошла встреча представителей науки и законодательной власти

Председатель СО РАН академик **Валентин Николаевич Пармон**, руководство нескольких новосибирских научных институтов и Новосибирского государственного университета встретились с представителями Комитета по экологии, природным ресурсам и охране окружающей среды Государственной думы РФ. В ходе беседы обсуждалось взаимодействие по соответствующим вопросам, а также ряд отдельных технологий, созданных сибирскими учеными.

«Основная задача этой встречи — ознакомить с нашими возможностями и наработками», — сформулировал академик В. Н. Пармон. Он подчеркнул такую особенность работы СО РАН, как мультидисциплинарность: «Вместе мы можем решать многие очень важные вопросы». В качестве примера Валентин Николаевич привел Большую Норильскую и Большую научную экспедиции, объединившие в своей работе силы более десятка институтов в интересах изучения экологического состояния и биоразнообразия Арктического региона.

Одним из основных вопросов, которые обсуждались в ходе встречи, стало освоение уникального Томторского месторождения, способного обеспечить потребности страны в редких и редкоземельных элементах, а также в ряде других важных для промышленности полезных ископаемых. «Этот потенциал следует использовать, ведь уже в скором времени, по мере развития технологий, потребности в таком сырье многократно возрастут», — акцентировал научный руководитель Института геологии и минералогии им. В. С. Соболева СО РАН академик **Николай Петрович Похиленко**. С ним согласился научный руководитель Института химии твердого тела и механохимии СО РАН академик **Николай Захарович Ляхов**: «Есть понятие “отложенный спрос”, он должен быть определен государством и находиться под государственным контролем».

В числе уже имеющихся технологий, которые могут быть предложены для использования в интересах государства и промышленности, академик В. Н. Пармон и его коллеги назвали технологии малотоннажной химии и катализа, получение

лития из рассолов, применение аэрозолей для тушения лесных и иных пожаров, особо чистое сжигание низкокачественных углей и илов очистных сооружений, мониторинг экологического состояния, в частности воздуха, решения для утилизации и переработки диоксида серы и другие.

Кроме того, Валентин Николаевич Пармон обратил внимание на необходимость возрождения и материального обеспечения комплексной программы «Сибирь». «Если бы СО РАН был придан статус головной организации по реализации такой программы, то мы бы могли очень многое сделать», — добавил председатель Сибирского отделения.

В завершение встречи первый заместитель председателя Комитета по экологии, природным ресурсам и охране окружающей среды Государственной думы РФ **Владимир Владимирович Бурматов** выразил заинтересованность в продолжении обсуждения поставленных вопросов и предложил организовать ряд рабочих совещаний на площадке СО РАН.

НВС

Новость

### Сибирские ученые изучают серебристые облака

Ученые из Института солнечно-земной физики СО РАН (Иркутск) исследуют серебристые облака — самые высокие и крайне разреженные облака на планете. Это сравнительно редкое атмосферное явление, обычно они появляются летом, когда в мезосфере опускается температура. Увидеть серебристые облака можно в глубоких сумерках, непосредственно после заката или перед восходом Солнца.

Мезосфера — это слой атмосферы, который отделяется от нижележащей стратосферы стратопазузой, а от вышележащей термосферы — мезопазузой. Мезосфера характеризуется понижением температуры с высотой. Газовый состав мезосферы, как и расположенных ниже атмосферных слоев, постоянен и содержит около 80 % азота и 20 % кислорода.

«Летом мезопазуза (а это высота 90–100 км) становится самым холодным местом на Земле, температура там опускается до -100, -120 °С и даже ниже, и именно по этой причине там возникают серебристые облака, когда водяные пары при низком давлении начинают замерзать», — отметил заместитель директора по научно-исследовательской работе ИСЗФ СО РАН кандидат физико-математических наук **Роман Валерьевич Васильев**.

Ученый подчеркнул, что серебристые облака на низких, как и на очень высоких широтах не встретишь. Диапазон их обитания — 50–70 градусов северной широты. Такие облака нестабильны для наблюдения с поверхности, потому что лед образует не всегда. Кроме того, летом, когда собираются дожди и грозы, низкая облачность скрывает высокие серебристые облака. При этом серебристые облака — важный источник научных сведений.

«Облака отражают структуру приливов и гравитационных волн в верхней атмосфере. Анализируя частоту и место их возникновения при помощи разных средств наблюдения, спутниковых и наземных, можно уточнять физико-химические условия в верхней атмосфере, а длинные ряды наблюдений могут помочь проследить последствия изменения климата в верхней атмосфере», — рассказал Роман Васильев.

Пресс-служба ИСЗФ СО РАН

## Ученые установили причину и время древних и современных землетрясений на юго-востоке Горного Алтая

Ученые из Новосибирска и Москвы провели комплексные палеосейсмологические исследования Курайской зоны разломов на стыке Курайской впадины с одноименным хребтом и Кубадринским массивом. В ходе работ специалисты выяснили, что поверхностные разрывы древних землетрясений расположены на расстоянии менее одного километра от возможного маршрута газопровода из России в Китай. Эту информацию следует учитывать при его проектировании и строительстве. Статья об исследовании опубликована в журнале *International Geology Review*.

С геологической точки зрения Горный Алтай является частью Центральной Азии. Его хребты возникли из-за столкновения двух континентальных плит — Евразии и Индостана. Продолжающееся сокраще-

ние земной коры в пределах Алтая сопровождается многочисленными землетрясениями. Наибольшая концентрация очагов инструментально зарегистрированных и исторических землетрясений наблюдается в юго-восточной части Горного Алтая, где находятся ключевые сейсмогенерирующие структуры. Одной из таких структур является Курайская зона разломов.

На основе анализа космоснимков, данных съемки с беспилотного летательного аппарата, структурно-геоморфологических, тренчинговых, археосейсмологических и георадиолокационных исследований была выявлена и исследована серия поверхностных разрывов палеоземлетрясений (разломных уступов), развитых вдоль разломов Курайской зоны. Возраст сформировавшихся разломные уступы палеоземлетрясений был определен с при-

менением радиоуглеродного датирования и дендрохронологии. Ученые показали, что все палеоземлетрясения связаны с разломами, смещения по которым приводят к росту Курайского хребта с одновременным сокращением площади одноименной впадины. Установлено, что вдоль таких разломов произошло одиннадцать голоценовых палеоземлетрясений с магнитудой 6,5–7,6. Два землетрясения случились ранее 7,5 тысяч лет назад, три — в интервале от 7,5 до 5,8 тысяч лет назад, одно — между 5,8 и 4,6 тысяч лет назад, еще четыре — около 4,6; 3,2; 1,5 и 1,3–1,2 тысяч лет назад, а последнее — не древнее 1450–1650 годов. Таким образом, временные интервалы между сильными сейсмическими событиями составили от 200 до 1700 лет.

«Важно учитывать полученные данные для оценки сейсмического режима

и сейсмической опасности Юго-Восточного Алтая, где активно развивается туристическая инфраструктура», — подчеркнул один из авторов работы главный научный сотрудник лаборатории геодинамики и палеомагнетизма Института нефтегазовой геологии и геофизики им. А. А. Трофимука СО РАН доктор геолого-минералогических наук **Евгений Викторович Деев**.

В работе приняли участие сотрудники ИНГГ СО РАН, Института археологии и этнографии СО РАН, Института географии РАН, Новосибирского государственного университета и Московского государственного университета им. М. В. Ломоносова.

Исследование выполнено в рамках государственного задания ИНГГ СО РАН (проект FWZZ-2022-0001).

Пресс-служба ИНГГ СО РАН

## Виртуальное путешествие к сибирским неандертальцам

Еще одна древняя обитаемая пещера на Алтае стала доступна к посещению благодаря виртуальному туру, созданному новосибирскими археологами. Чагырская пещера в Алтайском крае — место проживания неандертальцев, пришедших из Европы 50–60 тысяч лет назад и выбравших сибирские горы своим домом. Виртуальное путешествие можно совершить по ссылке: <https://3darchaeology.ru/proekty/catalog-3d-tours/chagyrskaya-peshchera/>.

Чагырская пещера располагается в Краснощековском районе Алтайского края на реке Чарыш. Археологи совместно с генетиками выяснили, что 60–50 тысяч лет назад, в эпоху среднего палеолита, пещеру заселяли семьи из одной и той же популяции неандертальцев. Древние люди в течение нескольких тысячелетий

использовали пещеру как укрытие и как регулярно посещаемый лагерь по разделке добычи и созданию каменных орудий.

Как пояснила ведущий научный сотрудник Института археологии и этнографии СО РАН доктор исторических наук **Ксения Анатольевна Колобова**, с площадки пещеры открывался широкий обзор на равнину, куда в конце лета — начале осени приходили стада бизонов и диких лошадей, в охоте на которых специализировались неандертальцы. Животных привлекала кормовая база, а людей — возможность эффективной охоты.

«Кроме разделки добычи, в пещере проходил полный цикл создания каменных орудий: от изначальной обработки заготовок до финальной ретуши готового изделия. Русло реки Чарыш предоставляло для этого подходящий каменный материал.

Среди находок в пещере встречаются и так называемые костяные ретушеры — орудия из костей, которые применялись для подновления каменных орудий и более тонкой обработки камня», — рассказала Ксения Колобова.

Исследователи установили, что носители традиции производства орудий, которая фиксируется на Чагырской пещере и соседней пещере Окладникова (Сибирячихе), пришли издалека. Их ближайшие родственники жили в Восточной Европе, Крыму и на Северном Кавказе. Всех этих древних людей объединяет сходная традиция производства каменных орудий, названная микокской.

Пещеры Чагырская и Окладникова обладают большой ценностью как свидетельства столь дальней миграции неандертальцев и их адаптации к новым

территориям. Кроме того, Чагырская пещера имеет уникальное значение благодаря обнаружению антропологического материала по меньшей мере от 15 индивидов, являющихся, по результатам палеогенетического исследования, близкими родственниками. Международная научная группа смогла установить, что неандертальцы жили малыми семейными группами, между которыми обменивались женщинами. Впервые в истории науки удалось получить сведения о социальной структуре неандертальского сообщества, и свой вклад в это исследование внесли новосибирские археологи.

Путешествие реализовано при поддержке гранта Минобрнауки России в рамках федерального проекта «Популяризация науки и технологий».

Пресс-служба ИАЭТ СО РАН

## Бактерии научились синтезировать пластик из рыбных отходов

Сибирские ученые предлагают использовать отходы рыбной промышленности в качестве питательного субстрата для бактерий, которые синтезируют биоразлагаемые полимеры. Они не будут загрязнять окружающую среду, но при этом обладают всеми свойствами привычного для нас нефтяного пластика. Результаты исследования опубликованы в серии статей, последняя — в журнале *Molecular Sciences*.

«Мировое производство синтетических пластмасс выросло почти до 400 миллионов тонн в год. Ожидается, что к 2050 году эта цифра достигнет одного миллиарда тонн в год. Накопление пластиковых отходов создает глобальную экологическую проблему. Одно из возможных решений связано с их обязательной переработкой. Второй путь — постепенный переход к новому поколению разрушаемых полимерных материалов, среди которых особое место занимают полигидроксиалканоаты», — рассказал старший научный сотрудник Института биофизики ФИЦ КНЦ СО РАН кандидат технических наук **Евгений Геннадьевич Киселев**.

Полигидроксиалканоаты (ПГА) — биоразлагаемые термопластичные поли-

меры. Их синтезируют некоторые микроорганизмы для запасания энергии и защиты от неблагоприятных условий. Полигидроксиалканоаты обладают теми же свойствами, что и обычный пластик, но при этом быстро разлагаются в природных условиях. Эти свойства делают ПГА одним из наиболее перспективных материалов и кандидатом на постепенную замену синтетических пластиков нефтяного происхождения. Сырьем для синтеза ПГА могут служить различные субстраты, в том числе побочные продукты различных отраслей промышленности.

Ученые из Красноярского научного центра СО РАН предположили, что отходы рыбной промышленности могут быть использованы в качестве сырья для синтеза ПГА-полимеров. Специалисты применили их для бактерий *Cupriavidus necator* и исследовали три типа жировых побочных продуктов производства: отходы свежей балтийской кильки, свежей атлантической скумбрии консервного производства и остатки шпротного производства кильки после копчения.

Все три источника оказались пригодными для выращивания этой бактерии на масле, выделенном из копченой

кильки. Наименьший выход был получен при использовании свежей кильки. Ученые связали эту разницу с особенностями жирно-кислотного состава сырья. За двое суток бактерии переработали в полимер почти 60 % субстрата, а за трое суток — 70 %. В результате из отходов свежей кильки и скумбрии был синтезирован гомополимер. Из сырья копченых килек ученые получили более технологичный трехкомпонентный сополимер. Он состоит из трех основных частей: мономеров 3-гидроксибутирата, а также небольшого количества 3-гидроксиалерата и 3-гидроксигексаноата.

Важными характеристиками полимеров, определяющими возможность использования материала, являются температурные свойства и степень кристаллизации. По этому ученые оценили свойства разлагаемых полигидроксиалканоатов, синтезированных из отходов рыбьего жира. Образцы имели сходные характеристики: степень кристалличности структуры была от 66 до 71 %. Температура плавления оказалась пониженной по сравнению с полимерами, синтезированными на сахарных подложках, и составила от 158 до 165 °С. «Полученные результаты

демонстрируют, что исследованные жирно-содержащие отходы, полученные из остатков кильки и скумбрии, перспективны в качестве доступных и возобновляемых углеродных субстратов для биосинтеза биоразлагаемого пластика», — заключил Евгений Киселев. Такой подход позволит снизить стоимость полимера, сделать процесс его получения более экологичным за счет использования возобновляемого сырья и решить проблему утилизации большого количества переработанных рыбных отходов.

Проведенные эксперименты позволили красноярским ученым совместно с коллегами из Калининградского государственного технического университета выиграть интеграционный грант Российского научного фонда (проект № 23-64-10007) по исследованию переработки рыбных отходов в ценные продукты биотехнологии.

Материал подготовлен при поддержке гранта Минобрнауки России в рамках федерального проекта «Популяризация науки и технологий».

Группа научных коммуникаций ФИЦ КНЦ СО РАН

## Ученые исследовали, как сократить загрязнения от сжигания угля

В азиатской части России уголь — один из самых распространенных видов топлива. В результате его использования происходят выбросы загрязняющих веществ. Ученые Института систем энергетики им. Л. А. Мелентьева СО РАН (Иркутск) изучили разные способы подготовки угля, которые помогают снизить негативный эффект от его сжигания в котельных малой мощности. Результаты исследования опубликованы в журнале *International Journal of Coal Science & Technology*.

Отдаленные районы России зачастую отапливаются малыми угольными теплоисточниками — котельными, которые рассчитаны на один небольшой поселок или даже дом. Они распространены в Восточной Сибири и на Дальнем Востоке, доля малых теплоисточников там достигает 80–90 %.

Особенность таких котельных — то, что дымовая труба находится относительно низко, около 10–30 метров над землей. Поэтому выбросы загрязняющих веществ, в том числе твердые частицы, оксиды азота и диоксид серы, остаются в приземном слое атмосферы и вдыхаются людьми. Высокий уровень токсичности газовых выбросов приводит к аллергическим реакциям, повышает риск развития заболеваний дыхательных путей.

В процессе сжигания угля также выделяется диоксид углерода — парниковый газ. При длительном воздействии он снижает иммунитет человека и приводит к усугублению хронических заболеваний, связанных с сердечно-сосудистой системой.

Кроме газовых загрязнений, при работе угольных котельных происходят выбросы твердых частиц, золы и сажи. На крупных ТЭЦ они устраняются с помощью очистного оборудования. Однако в малых теплоисточниках зачастую отсутствует очистка уходящих газов. Ученые ИСЭМ СО РАН изучили различные методы, с помощью которых можно сократить выбросы в котельных малой мощности.



Несортированный уголь



Сортированный уголь



Брикетированный уголь



Термоподготовленный уголь

«Здесь основной способ улучшить ситуацию — переход к автоматизированным котлам. Все необходимые показатели котла отслеживает оператор, в случае чего корректирует. Это снижает расход топлива и, соответственно, уменьшает выбросы», — рассказывает старший научный сотрудник ИСЭМ СО РАН кандидат технических наук Александр Николаевич Козлов.

Сейчас большинство малых теплоисточников используют котлы с ручной загрузкой. Их КПД-брутто (отношение выделенной котлом тепловой мощности к тепловой мощности топлива, которое подается в котел) составляет всего 32–62 % при норме 76–80 %. Это ведет к перерасходу топлива и, соответственно, увеличению количества выбросов.

Переход на автоматизированные котлы относительно дорог, однако позволяет экономить до 30 % за счет автоматизации работы. Их применение сокращает выбросы в два-три раза. Это связано в том числе с тем, что в таких котлах используется только подготовленный уголь.

Исследователи изучили эффект от сжигания угля в зависимости от его подготовки: сортированного, брикетированного и термоподготовленного и для сравнения несортированного. Экологический расчет проводился по специальным формулам и методикам, которые позволяют определить количество выбросов твердых частиц, диоксида серы, оксидов углерода и азота.

Несортированный уголь, который чаще всего используют в малых котельных, не проходит предварительную подготовку. Основное отличие этого вида от

остальных — наличие мелкой фракции, так называемой мелочи. Из-за разной плотности уголь горит неравномерно, поэтому образуется больше отходов и снижается коэффициент полезного действия котла. В итоге приходится сжигать больше топлива для того, чтобы получить необходимое количество тепла.

В сортированном угле мелкая фракция удаляется. «При этом сортировка не улучшает свойства угля. Снижается расход топлива и улучшается процесс горения: доступ кислорода одинаковый ко всем частицам и уголь горит равномерно, следовательно, снижаются выбросы», — объясняет Александр Козлов.

Брикетированный уголь состоит из углесодержащего сырья, которое измельчают до пыли, после сушат и прессуют. По количеству выбросов, которые образуются при сжигании, он близок к сортированному.

Наиболее совершенный вид — термоподготовленный уголь, который предварительно нагревают без доступа воздуха. «С экологической точки зрения смысл в этом процессе подготовки в том, что в исходном угле устраняется содержание серы и значительно снижается количество азота. Соответственно, при сжигании такого топлива газовые выбросы диоксида серы не образуются, а оксидов азота — значительно снижаются», — рассказывает старший научный сотрудник ИСЭМ СО РАН кандидат экономических наук Елена Петровна Майсюк.

Несмотря на то что полностью заменить котлы с ручной загрузкой на автома-

тизированные пока сложно, переход на подготовленное топливо также эффективен. Например, в Монголии несколько лет назад начали использовать брикетированный и термоподготовленный уголь вместо обычного (несортированного), и там наблюдается значительное снижение загрязнений в воздухе.

В будущем ученые планируют развивать экономическую составляющую исследования, просчитать, сколько стоят изменения каждого из факторов: переход к автоматизированным котлам, замена несортированного угля подготовленным. Переход на подготовленное топливо может улучшить ситуацию не только в малых котельных, но и на крупных электростанциях. Их особенность в том, что выбросы твердых частиц на ТЭЦ убираются с помощью очистного оборудования, однако газовые загрязнения всё еще присутствуют.

«Если оценивать экологическую ситуацию в Иркутской области, выбросы от крупных предприятий составляют около 700 тысяч тонн. В соседней Бурятии — 100 тысяч, в Забайкалье — 120 тысяч, в Якутии — около 300 тысяч, — говорит Елена Майсюк. — Из этих 700 тысяч в Иркутской области порядка 270 — диоксид серы, который можно устранить за счет использования термоподготовленного угля».

Подготовила Арина Бокова, студентка отделения журналистики Гуманитарного института НГУ

Фото предоставлено исследователями

## Для защиты озера Байкал создадут математический двойник управляемого селя

Иркутский филиал СО РАН стал инициатором проведения масштабных исследований по предотвращению попадания в озеро Байкал неutilизированных отходов деятельности Байкальского целлюлозно-бумажного комбината. В проекте участвует целый ряд институтов Новосибирского научного центра.

Потенциальным источником загрязнения озера Байкал являются около шести миллионов тонн промышленных отходов Байкальского целлюлозно-бумажного комбината, закрытого по настоянию экологов в 2013 году. Основную массу отходов, около пяти миллионов тонн, составляет продукт переработки целлюлозы — шлам-лигнин, токсичный, экологически вредный материал. Переполненные хранилища находятся рядом с уникальным озером, ближайшее — на расстоянии 400 метров от береговой черты. Особую опасность представляют реки Большая и Малая Осиновка, стекающие с хребта Хамар-Дабан. Именно по руслам рек наблюдались исторические и современные сходы селей. Изменения климата повысили вероятность развития неблагоприятных сценариев. Проведенные обследования защитных сооружений, построенных в 1970-х годах после ката-

строфического селя, показали их ветхость и неготовность противостоять ударам стихии.

«В комплексной программе исследований, направленных на разработку проекта защиты озера Байкал от промышленных отходов в районе бывшего целлюлозно-бумажного комбината, принимают участие Институт вычислительной математики и математической геофизики СО РАН, Институт гидродинамики им. М. А. Лаврентьева СО РАН, Институт горного дела им. Н. А. Чинакала СО РАН, Селевая ассоциация, Московский государственный университет им. М. В. Ломоносова, Институт земной коры СО РАН, Лимнологический институт СО РАН и Институт динамики систем и теории управления им. М. В. Матросова СО РАН, — сообщил заместитель директора по научной работе ИВМиМГ СО РАН доктор технических наук Игорь Николаевич Ельцов. — Координирует проект директор Иркутского филиала СО РАН, директор ИДСТУ СО РАН академик Игорь Вячеславович Бычков. Проект получил поддержку президента РАН академика Геннадия Яковлевича Красникова и руководства Министерства науки и высшего образования РФ, сейчас решаются вопросы по финансированию проводимых исследо-

ваний. В начале июля состоялась первая рекогносцировочная экспедиция, которая позволила на месте оценить масштаб угроз и наметить основные этапы реализации масштабного и чрезвычайно значимого проекта».

Как отметил Игорь Николаевич Ельцов, одну из самых больших опасностей представляет возможность схода селевых потоков и оползней с хребта Хамар-Дабан по рекам. В 1971 году мощные сели разрушили жилые дома в Байкальске, десятки километров дорог, повредили инфраструктуру БЦБК. Хранилища с токсичными отходами тогда были заполнены лишь частично, сели прошел в критической близости от девяти отстойников, катастрофы чудом удалось избежать.

«ИВМиМГ СО РАН поставлена задача создания цифрового двойника и проведения сценарных расчетов образования селевых потоков, учитывающих глобальные климатические изменения, связанный с этим уровень осадков, геомеханические и гидродинамические характеристики грунтов. Посредством вычислений для реалистичных математических моделей образования и развития селевого потока можно разыграть различные сценарии этого явления, — рассказал Игорь Николаевич

Ельцов. — В качестве одного из вариантов предложено рассмотреть возможность создания управляемого селя, сход которого позволит снизить угрозу возникновения чрезвычайной ситуации, а также переместить из слабых и особо опасных мест накопившиеся материалы в специально подготовленные резервуары. При этом модели должны быть адаптированы к конкретным геолого-геоморфологическим условиям и верифицированы на данных натурных и лабораторных измерений. Здесь мы будем опираться на компетенции наших коллег из междисциплинарной команды. В рамках реализации нашего блока проекта мы намерены не только просчитать возможные сценарии, но и подготовить информацию для специалистов, которые будут разрабатывать рекомендации для принятия управленческих и инженерных решений. Учитывая сложность и многообразие данных, а также масштабы и объем предстоящей работы по проекту, предполагается широко привлекать методы искусственного интеллекта, способы анализа больших данных, то есть применять те наработки и ресурсы, которые активно развиваются в последние годы в нашем институте».

Пресс-служба ИВМиМГ СО РАН

# Одиноким странникам космоса: как «Вояджеры» объединили настоящее, прошлое и будущее

«Вояджеры» — самые далекие космические аппараты, с которыми до сих пор удается поддерживать связь. Сейчас они находятся на расстоянии больше 20 миллиардов километров от Земли и летят со скоростью больше 55 000 километров в час. Это первые космические корабли, достигшие межзвездного пространства. Ученые рассчитывали, что проект будет действовать в течение пяти лет, однако аппараты продолжают работать уже больше сорока лет. Мы решили разобраться, почему «Вояджеры» стали такими успешными, какие открытия были сделаны благодаря им, преодолели ли они Солнечную систему и узнали, какую информацию о Земле смогут получить внеземные цивилизации через много лет с помощью этих аппаратов.

«Это подарок от маленького далекого мира: наши звуки, наука, изображения, музыка, мысли и чувства. Мы пытаемся выжить в наше время, чтобы жить в вашем. Мы надеемся, настанет день, когда решатся все проблемы, и мы сможем присоединиться к галактической цивилизации. Эти записи представляют наши надежды, решимость и добрую волю в этой Вселенной, огромной и внушающей благоговение».

Эти слова президента США Джими Картера можно найти на «Вояджерах», они записаны на бронзовый диск, упакованный в алюминиевый контейнер. На этой пластинке содержится послание другим космическим цивилизациям: 115 изображений, 35 звуков природы (извержение вулкана, звук поцелуя, вздохи китов), 27 музыкальных отрывков из разных культур и эпох (Моцарт, Стравинский, рок-н-ролл, обрядовые народные песни) и приветствия на 55 языках. Помимо этого, на ней указано месторасположение Солнечной системы в галактике, описаны ДНК человека, его зачатие и рождение.

«Вояджеры» — уникальные аппараты. Они несут послание в будущее, хранят память о прошлом и передают полезную информацию о настоящем. Космическое пространство исследуют и другие аппараты, например около Юпитера вращается автоматическая межпланетная станция (АМС) «Юнона», к Солнцу полетел зонд «Паркер», аппарат «Бепи Колombo» должен выйти на орбиту Меркурия в декабре 2025 года, Венеру изучает автоматическая межпланетная станция «Акацуки». Однако такого же успеха по количеству открытий пока никто не достиг.

## Важные открытия «Вояджеров»

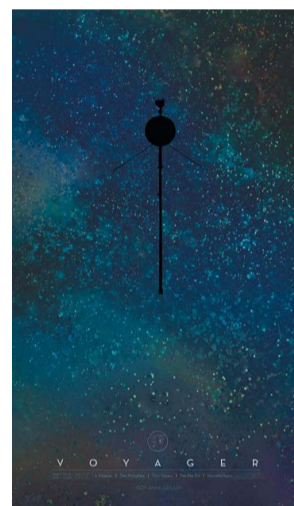
«Аппаратам «Вояджер-1» и «Вояджер-2» удалось перевернуть наше представление о Солнечной системе и сделать столько открытий, сколько не удалось сделать никому. Они обнаружили первую молнию на Юпитере и первый вулкан за пределами Земли на спутнике Ио, открыли три новых спутника у Юпитера, четыре спутника у Сатурна, одиннадцать — у Урана и шесть — у Нептуна. «Вояджеры» определили рекордсменов Солнечной системы по силе магнитного поля, скорости ветров, отражательной способности поверхности, массе среди спутников, открыли границы ударной волны и гелиопаузы у гелио-

осферы. Благодаря им мы знаем, что за пределами гелиосферы находится очень мощная межзвездная радиация. То есть Солнце своим излучением защищает нас от вредного радиационного влияния», — рассказал старший научный сотрудник Института ядерной физики им. Г. И. Будкера СО РАН, сотрудник Большого новосибирского планетария, член Федерации космонавтики России кандидат физико-математических наук Пётр Анатольевич Лукин.

«Вояджеры» показали и дополнили информацию о движении и развитии атмосферы Юпитера. Оказалось, что Большое красное пятно — это антициклон, его протяженность 21 000 км с запада на восток и 11 000 км с севера на юг. Они первые обнаружили кольцо вокруг Юпитера, в то время считалось, что кольца есть только у Сатурна и Урана (его кольца нашли в 1977 году). С Земли его довольно тяжело увидеть, оно задерживает всего одну миллионную часть света и в 10 000 раз прозрачнее стекла. На спутнике Юпитера Ио «Вояджеры» нашли вулканическую активность, это второе после Земли тело с современным вулканизмом. При размерах в четыре раза меньше чем Земля, Ио располагает более 400 действующими вулканами (на Земле их около 900).

До полета «Вояджеров» самым крупным спутником Солнечной системы считался Титан, однако он уступил первое место спутнику Юпитера Ганимеду. Неожиданным фактом для ученых стал состав атмосферы Титана. Она состояла из азота (основной элемент), пропана, этана, этилена и других элементов. Ученые сравнили эту смесь с первичным составом атмосферы Земли. О другом его спутнике, Энцеладе, узнали, что он лучше, чем какое-либо другое небесное тело, отражает солнечный свет, поэтому его температура равна -200 °С даже в полдень. Он излучает в 2,2 раза больше, чем получает от Солнца.

Уран и Нептун кроме «Вояджера-2» никто не изучал. Всё, что было известно об Уране, что он вращается на боку, имеет девять колец и пять спутников. В ходе полета аппарата число спутников увеличилось в три раза, а к кольцам прибавилось два новых, они оказались отличны от таких же у Юпитера и Сатурна. В процессе обработки данных ученые узнали, что Уран имеет магнитное поле примерно такой же силы, как Сатурн и Земля, его направление отклонено на 60 градусов от оси вращения планеты.



Плакат «Вояджер»

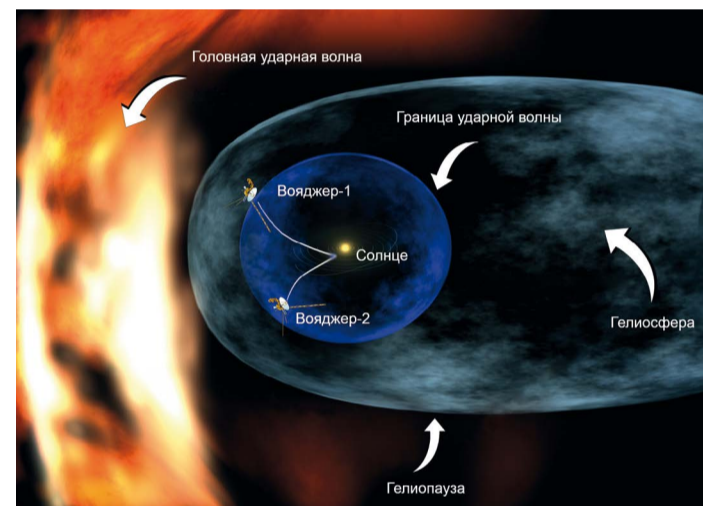


Схема выхода космических аппаратов за пределы гелиопаузы

Нептун был последней планетой Солнечной системы на пути «Вояджера», поэтому ученые решили отправить его максимально близко, всего на 5 000 км от поверхности. Аппарат сделал фотографию Нептуна, в его центре можно увидеть Большое темное пятно, в два раза больше Земли. Спутник Нептуна Титан оказался одним из самых холодных объектов Солнечной системы, температура на его поверхности равна -235 °С. К тому же на нем нашли большое количество криовулканов. По предположениям ученых, они могут подпитываться жидким азотом и выбрасывать частицы азотного льда и газы на высоту 20–30 км.

## Как появилась программа «Вояджер»?

В 1961 году аспирант Калифорнийского университета Майкл Минович изучал задачу трех тел. Если мы возьмем два тела, например Землю и космический корабль, то сможем описать всё взаимодействие между ними законами Ньютона и Кеплера. Когда появляется третье тело, становится гораздо сложнее. Майкл обнаружил, что космический корабль, пролетая мимо планеты, может увеличить (что важно при полете на Юпитер, Сатурн и на другие внешние планеты) или уменьшить (что важно при полете к Венере и Меркурию) свою скорость в зависимости от расположения планеты и корабля. Это называется гравитационным маневром.

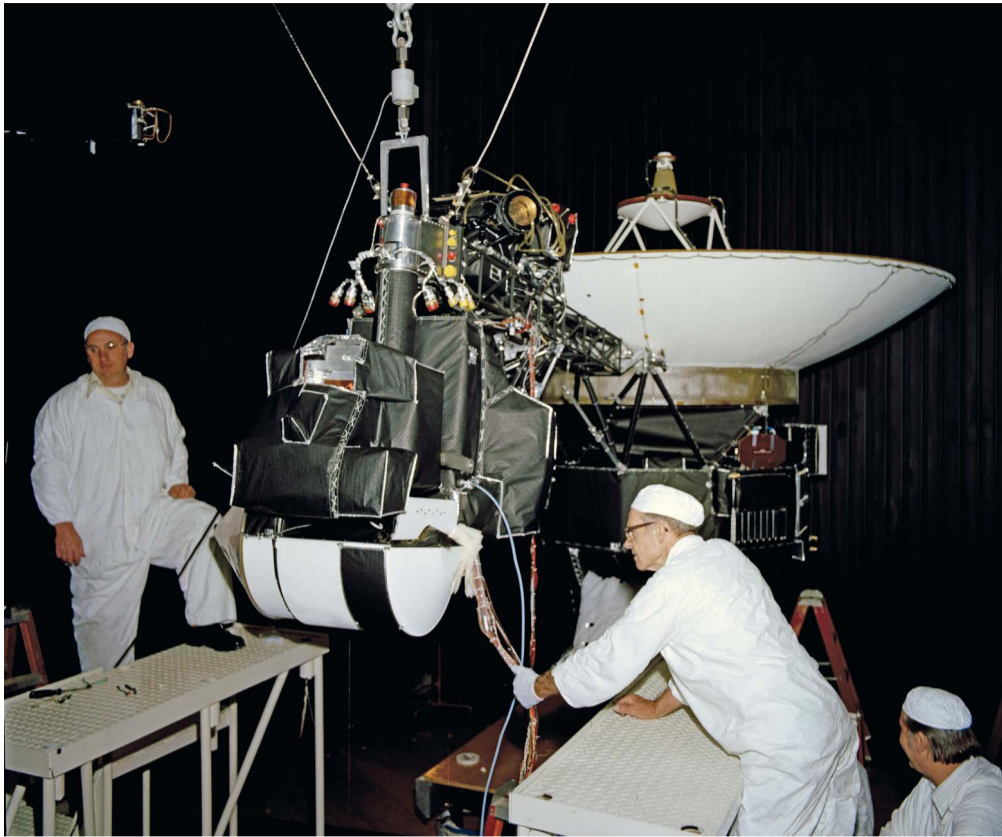
В 1964 году работами Миновича заинтересовался практикант лаборатории реактивного движения Гэри Флэндро. Он рассчитал, что в конце 1970-х годов все большие планеты за Марсом выстроятся практически в одну линию и можно одним космическим кораблем облететь их. Следующая подобная возможность появилась бы только в середине XXII века. Со-

трудники NASA вдохновились этой идеей и в 1969 году приняли к исполнению проект Grand Tour с запуском четырех космических аппаратов для посещения Юпитера, Сатурна, Урана, Плутона. Однако проект был сокращен до двух аппаратов, исследующих Юпитер и Сатурн (без Урана и Плутона).

Исследователи изготовили два одинаковых аппарата с целью подстраховки, если что-то случится с одним из них. «Вояджер-2» стартовал 20 августа 1977 года, «Вояджер-1» — 5 сентября 1977 года. Оба космических аппарата были доставлены в космос на борту одноразовых ракет «Титан-Центавр». По мере продолжения миссии и успешного достижения всех целей программа исследований расширялась. В итоге «Вояджеры» изучили все планеты-гиганты нашей Солнечной системы, 48 их спутников, а также уникальные системы колец и магнитных полей этих планет. Благодаря гравитационному маневру и близкому взаимному расположению планет аппараты пролетели расстояние Земля — Сатурн (1,2 млрд км) за три года. Без него путь занял бы шесть-семь лет.

## Из каких приборов и частей состоит «Вояджер»? Что является источником энергии?

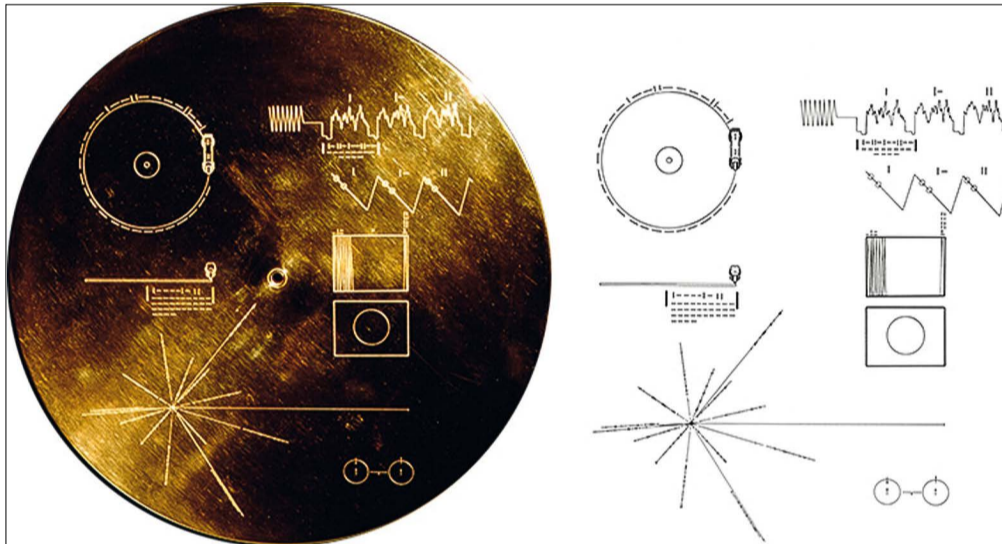
Каждый «Вояджер» оснащен приборами для проведения десяти разных экспериментов. Там установлены две телекамеры (широкоугольная и узкоугольная), инфракрасный и ультрафиолетовый спектрометры. «Вояджеры» передают данные о внешнем виде планет и спутников в оптическом, ультрафиолетовом и инфракрасном диапазонах, а также информацию о космических лучах (потоках высокоэнергетических заряженных частиц), о состоянии системы автоматических межпланетных станций и ее местоположении в космосе



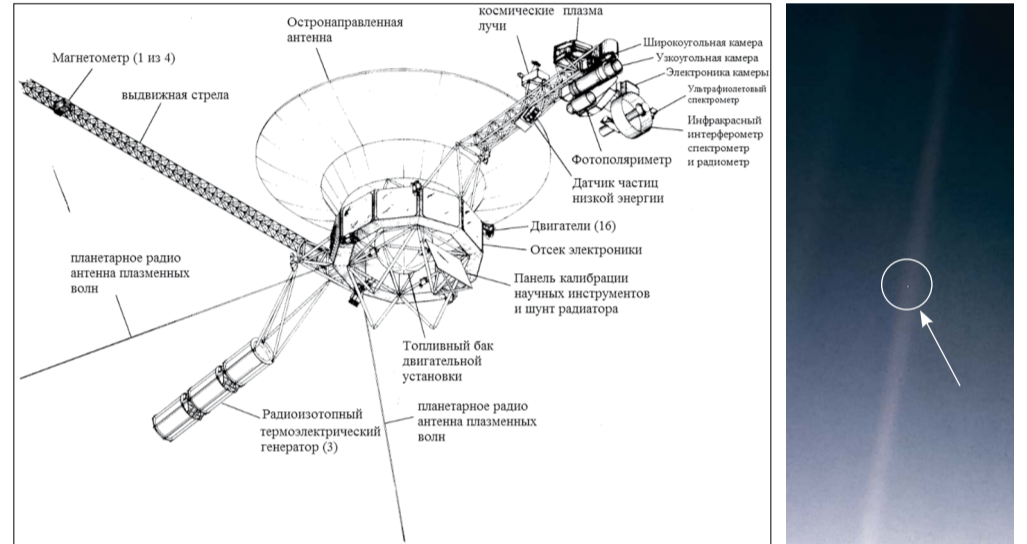
Тестирование «Вояджера» в 25-футовой камере космического симулятора



Конструкция антенной тарелки «Вояджера»



Золотая пластинка «Вояджер»



Устройство «Вояджера»

Бледно-голубая точка

(телеметрия). Также на «Вояджерах» находятся детекторы плазмы и космических лучей (в основном это протоны, ядра атомов водорода, которыми заполнен космос), заряженных частиц низких энергий, магнетометр.

Источником энергии на «Вояджерах» служит РИТЭГ (радиоизотопный термоэлектрический генератор) — устройство, в котором при естественном радиоактивном распаде плутония-238 выделяется и преобразуется в электроэнергию тепло.

«Проблема в том, что плутоний распадается, а значит, мощность выделяемого тепла уменьшается, как и количество электроэнергии. Поэтому ученым приходится экономить и отключать приборы. Некоторые исследователи предполагают, что к 2030 году «Вояджеры» не смогут получать достаточного количества электроэнергии и перестанут функционировать. Другие считают, что энергия закончится уже к 2025 году. Сначала аппараты превратятся в радиомаяки, каким был наш первый спутник. Он летел и подавал только один сигнал — о своем существовании. Году к 2036-му даже на это действие сил у них не хватит, они будут лететь с огромной скоростью по гиперболической траектории», — отметил Пётр Лукин.

Перед тем как камеры отключили навсегда для экономии энергии, «Вояджер-1» направил их в сторону Земли и сделал последний снимок, на котором наша планета запечатлена с расстояния 5,9 миллиарда километров и выглядит, как маленькая бледно-голубая точка. На фотографии Земля занимает всего 0,12 пикселя. Этим снимком вдохновился американский астрофизик и популяризатор науки Карл Саган. Он написал о нем в своей книге «Бледно-голубая точка».

«На мой взгляд, пожалуй, нет лучшей демонстрации безумия человеческого

тщеславия, чем это отдаленное изображение нашего крошечного мира. Для меня это подчеркивает нашу ответственность относиться друг к другу более доброжелательно и сострадательно, а также сохранять и лелеять эту бледно-голубую точку, единственный дом, который мы когда-либо знали», — написал Карл Саган в своей книге.

Компьютер, установленный на «Вояджере», занесен в Книгу рекордов Гиннеса — он единственный в мире непрерывно работает 47 лет. Хотя производительность современного смартфона превосходит его во много раз. Оперативная память аппаратов состоит из 4 тысяч 18-битных слов (около 69,63 килобайт). Задающий генератор процессора работает на частоте 4 МГц, но тактовая частота самого процессора составляет только 250 кГц, при этом он может выполнять только 8 тысяч операций в секунду, тогда как процессоры современных телефонов имеют тактовую частоту оперативной памяти в 72 000 раз больше. Жестким диском на «Вояджере» служит магнитофон с магнитной лентой для записи информации общим объемом 70 мегабайт. Современные ноутбуки имеют жесткие диски объемом в миллион раз большим.

«Технологии на конец 1970-х годов были самые современные. Тем не менее один кадр изображения с камер «Вояджера» передавался на Землю в течение 48 секунд. Сейчас современные камеры снимают 25 кадров в секунду. Поскольку оперативная память компьютера была очень маленькая, нужно было передать кадр, стереть память и только потом сделать новый», — прокомментировал Пётр Лукин.

Сейчас сигнал к «Вояджер» с Земли доходит за 22 часа. Чтобы отправить и получить ответ нужно ждать 44 часа. Сигнал передается с помощью четырехметровой антенны, установленной на аппарате.

Где находятся «Вояджеры» сейчас?

««Вояджер-1» находится в 24,4 млрд км от Земли, а «Вояджер-2» — в 20,4 млрд км, они оба уже преодолели гелиопаузу («Вояджер-1» — в 2012 году, а «Вояджер-2» — в 2018-м). Это место, где сильно ослабевает солнечный ветер и начинает действовать ветер звездный. Температура там около -270 °С, как и во всем космосе. Это единственные аппараты, которые достигли гелиопаузы и с которыми еще поддерживается связь. Связь с аппаратами «Пионер-10» и «Пионер-11», изучавшими Юпитер и Сатурн в 1973-м и 1979 году, была потеряна в 2003-м и в 1995-м, а аппарат «Новые горизонты», изучающий карликовую планету Плутон и объект пояса Койпера Аррокот, находится сейчас в 9 млрд км от Земли, то есть до границы гелиосферы ему еще столько же лететь», — сказал Пётр Лукин.



За границей Нептуна (4,5 млрд км) начинается пояс Койпера, где находится Плутон и другие карликовые планеты. Расстояние до внешней границы пояса Койпера — 8,25 млрд км. Эта область похожа на пояс астероидов между Марсом и Юпитером. Раньше считалось, что в поясе астероидов содержатся обломки разрушенной планеты, сейчас же ученые предполагают, что в этом месте расположен материал, который использовали планеты земной группы в процессе создания. Ученые предполагают, что после пояса Койпера находится облако Оорта. Считается, что здесь формируются долгопериодические кометы. Исследователи предполагают, что внешняя граница облака Оорта совпадает с радиусом сферы Хилла Солнца, это область, где гравитационное влияние звезды доминирует. Этот

радиус равен двум световым годам, или 19 триллионам километров, — такова гравитационная граница Солнечной системы. Чтобы «Вояджеры» покинули ее, потребуется около 30 000 лет.

««Вояджеры» обнаружили, что гелиосфера (область, где преобладает солнечный ветер) сплюснута, ее южная граница на 1,5 млрд км ближе к Солнцу, чем северная. Видимо, так на нее давит магнитное поле других звезд. Аппараты выяснили, что Солнце отклоняет до 70 % радиации, идущей из космоса. Будущим исследователям других звезд придется столкнуться с очень агрессивной межзвездной средой», — отметил Пётр Лукин.

Преемники «Вояджер»

После этих аппаратов к Юпитеру была запущена АМС «Галилео» в 1989-м, которая изучала Юпитер и четыре его крупнейших спутника. В 2011 году к Юпитеру была отправлена АМС «Юнона», она продолжает работу. Планету Сатурн и его спутник Титан изучала в 1997–2017-м АМС «Кассини», от которой отделился и совершил посадку на спутник Сатурна Титан зонд «Гюйгенс». Карликовую планету Плутон изучает АМС «Новые горизонты», запущенная в 2006 году и прибывшая к Плутону в июле 2015 года. Уран и Нептун после «Вояджер» не изучал никто, кроме космических телескопов имени Эдвина Хаббла и Джеймса Уэбба.

Куда же отправятся «Вояджеры» после того как перестанут нормально функционировать? Через 40 000 лет «Вояджер-1» приблизится к звезде созвездия Жирафа, а «Вояджер-2» через 296 000 лет — к Сириусу.

Полина Щербакова  
Иллюстрации: автора, с сайта NASA, из открытых источников

## Физики создали установку для изучения разрушения материалов в термоядерных реакторах

Команда специалистов из Института ядерной физики им. Г. И. Будкера СО РАН разработала и запустила экспериментальный стенд, который позволит изучить усталостное разрушение материалов под действием быстрых повторяющихся тепловых нагрузок. Эти исследования покажут, как поведут себя материалы, предназначенные для изготовления первой стенки термоядерного реактора — токамака, под воздействием огромных температур (более 1 000 °С), мощных импульсных потоков плазмы и излучения. Уникальность установки в том, что на ней можно быстро воспроизвести полный цикл нагрузок, которым будет подвержена стенка за всё ожидаемое время службы реактора. Она позволит набрать до десяти миллионов импульсов нагрева примерно за две рабочие недели, на других установках это занимает около года.

Одна из важнейших проблем, с которыми сталкиваются физики при создании термоядерного реактора, заключается в подборе материалов первой стенки камеры, которая удерживает горячую плазму и непосредственно контактирует с ней. Потоки частиц и излучения из плазмы с температурой около ста миллионов градусов Цельсия создают огромные термические нагрузки на облицовку камеры.

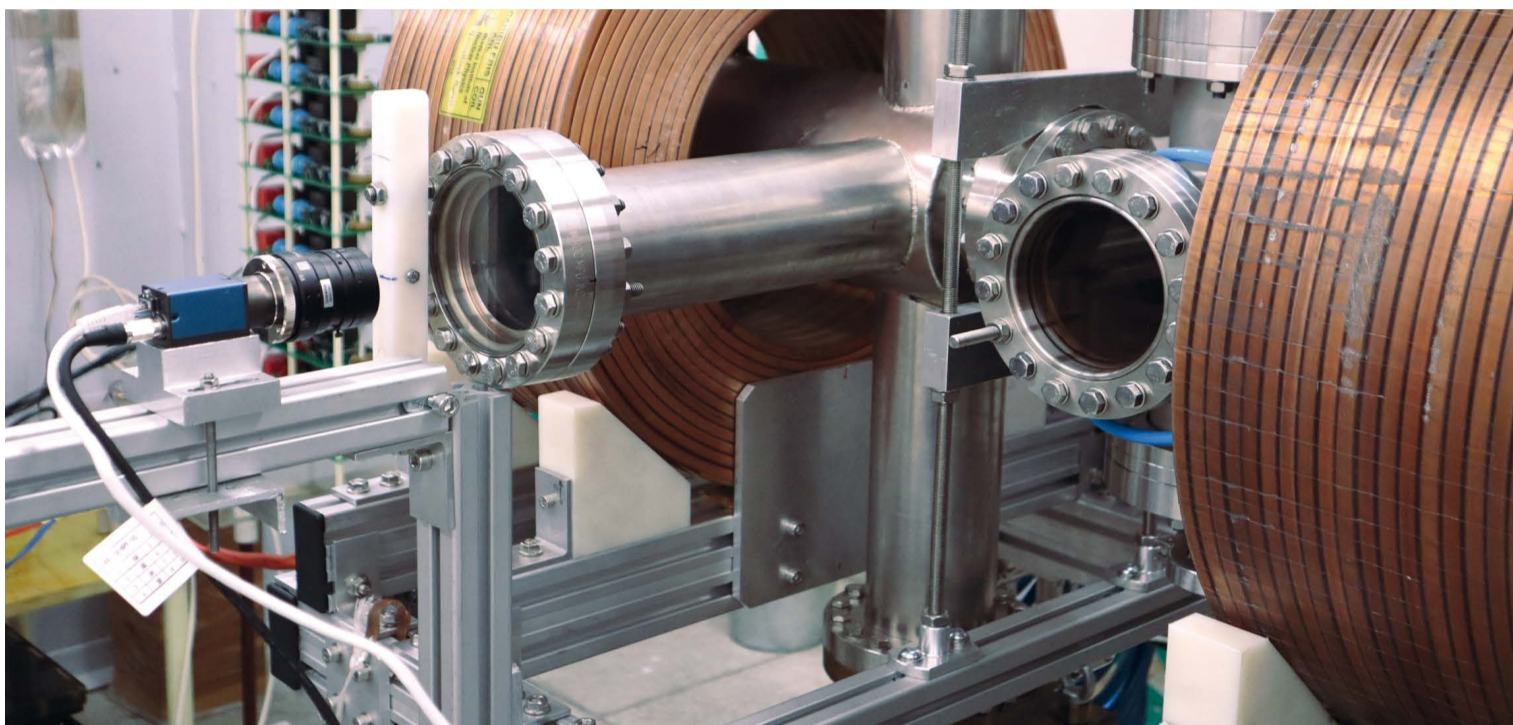
«На сегодняшний день не существует какой-то четкой теоретической базы, в которой было бы прописано, при каких нагрузках и как происходит разрушение материалов. Есть достаточно работ, где отдельно исследуется влияние, например, тепловой нагрузки, но в условиях термоядерных реакторов материал также подвергается дополнительному воздействию быстрых ионов и нейтронов. При этом стойкость материалов при комбинированном воздействии значительно снижается», — говорит старший научный сотрудник ИЯФ СО РАН кандидат физико-математических наук **Виктор Викторич Куркуचेков**.

На данный момент самым подходящим материалом первой стенки крупнейшего строящегося токамака ИТЭР (Международный экспериментальный термоядерный реактор) выбран вольфрам — самый тугоплавкий из металлов. В качестве альтернативы физики рассматривают специальную керамику, например на основе соединений бора. Для того чтобы смоделировать поведение этих материалов под термоядерными нагрузками, по ним стреляют пучком электронов множество раз. Установка, созданная в ИЯФ СО РАН, работает по следующему принципу: электронная пушка генерирует интенсивный частотно-импульсный пучок, затем пучок транспортируется на испытываемую мишень в магнитном поле, которое формируется двумя катушками. Под действием пучка происходит быстрый циклический нагрев поверхности материала мишени.

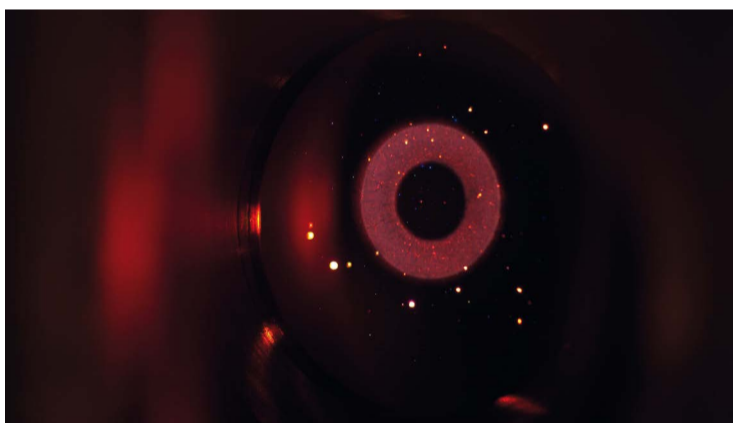
Пучок электронов хорошо подходит для моделирования нагрузки от тепловых ударов горячей плазмы, которая воздействует на стенку реактора в токамаке при так называемых ЭЛМ-неустойчивостях в плазме. «Наш метод подходит для всех термоядерных установок, так как нагрузки на первую стенку и дивертор во многом определяются параметрами плазмы и для различных установок будут плюс-минус одинаковыми», — объясняет Виктор Куркучеков.

Идея испытания материалов с помощью пучков частиц возникла давно, подобные исследования на различных установках уже проводились, однако ранее никому не удавалось смоделировать суммарную нагрузку, которая будет оказана на материал стенки за весь период работы реактора.

«До настоящего времени в ИЯФ исследования разрушения вольфрама проводились на установке БЕТА. Она стреляла пучком раз в 30 секунд, а сделать нужно десять миллионов импульсов, — комментирует научный сотрудник ИЯФ СО РАН



Экспериментальный стенд



Пучок электронов



Мишень из вольфрама

**Игорь Васильевич Кандауров**. — Новая установка рассчитана на очень большое количество импульсов. Существуют стенды, которые стреляют единично, они набирали десятки и сотни импульсов. Мы хотим достичь десяти миллионов циклов нагрева при работе с частотой повторения импульсов 30 раз в секунду. Это даст возможность провести испытания материала при полном количестве циклов нагрузки, сопоставимом с тем, что ожидается в диверторе токамака ИТЭР за весь расчетный срок его службы. Данных об усталостной прочности вольфрама при нагрузках такого характера на сегодняшний день в научной литературе не существует, мы будем первыми».

Отличительная черта новой установки в том, что она работает на большой частоте. При ежедневной работе в течение восьми-десяти рабочих часов она сможет набрать около десяти миллионов импульсов примерно за одну-две недели, а не за год работы. Как объясняет Игорь Кандауров, использование модулированного пучка позволяет достичь нужной нагрузки на мишень в течение импульса, при том что средняя мощность пучка остается сравнительно невысокой, а значит, установка получается компактнее, проще и дешевле. В этом ее преимущество перед существующими в других лабораториях электронно-лучевыми установками, где мишень сканируется непрерывным пучком. На данный момент стенд собран

и протестирован. «Мы сделали свой первый миллион выстрелов и убедились, что сможем достичь требуемых характеристик. Теперь нужно подготовить диагностический комплекс, чтобы непосредственно наблюдать и изучать модификацию поверхности материалов в процессе облучения. Поэтому самое интересное еще впереди. В дальнейшем предполагаются испытания вольфрама, который уже принят для ИТЭР, а также других перспективных материалов», — говорит Виктор Куркучеков.

Помимо термоядерного материаловедения, то есть практического применения, стенд по изучению усталостного разрушения открывает и новые возможности для исследований в области плазменной и ускорительной физики. Пучок на этой установке кольцевой, из-за чего менее устойчивый. Поэтому специалисты, работающие с источником пучка, разработали новую конструкцию. «Новшество этого источника — кольцевой катодный узел, откуда вылетают частицы, — рассказывает научный сотрудник ИЯФ СО РАН **Данила Алексеевич Никифоров**. — Если вы возьмете катод в форме кольца, то столкнетесь с неравномерностью эмиссии, это значит, что поперечное распределение заряда в пучке будет неравномерным, что усложнит расчет тепловой нагрузки. Поэтому мы придумали специальный внутренний электрод из тантала, которым закрыли внутреннее отверстие кольцевого катода. Экспериментально нами было

показано, что при больших температурах катода (около полутора тысяч градусов) этот электрод не разрушается. Это новшество, которое никто ранее не применял».

Благодаря новой конструкции научные сотрудники и студенты смогут исследовать, например, эволюцию неустойчивостей, а также работать с более чистым и стабильным пучком. Виктор Куркучеков сообщил, что в масштабе полутора миллиона импульсов признаков деградации пучка замечено не было. «Мы боялись, что в выбранной схеме экспериментальной установки эмиссия катода может падать из-за того, что катод будет загрязняться продуктами, которые полетят с мишени после взаимодействия с пучком. Но оказалось, что все меры, принятые нами, позволили этого избежать. Это интересный опыт», — добавляет Данила Никифоров.

От конкретной идеи до реализации прошло рекордно мало времени — работа была сделана всего за год. Это случилось благодаря удачному объединению сил сотрудников разных лабораторий ИЯФ СО РАН, результатом совместной работы которых и стал экспериментальный стенд.

Работа выполнена при поддержке гранта № 22-72-00037, предоставленного Российским научным фондом.

## В Новосибирске открыли молодежную лабораторию по исследованию мозга после инсульта

В новой лаборатории Международного томографического центра СО РАН совместно с Центральной клинической больницей и ее Региональным сосудистым центром ученые будут исследовать реорганизацию головного мозга после ишемического инсульта с помощью современных методов нейровизуализации.

В молодежной лаборатории функциональной нейровизуализации МТЦ СО РАН будут изучать нейропластичность, а именно один из ее аспектов — реорганизацию головного мозга после ишемического инсульта. В медицинской практике исследователи сталкиваются с тем, что поражение, которое видно на МРТ, не всегда соответствует неврологической симптоматике: может быть так, что инсульт маленький, а пациент тяжелый, или наоборот. Вместе с ЦКБ и ее Региональным сосудистым центром исследователи из молодежной лаборатории будут анализировать, как мозг восстанавливается после эпизодов ишемического инсульта, как на это воздействуют разные тактики лечения и реабилитации. С помощью современных методик специалисты будут изучать структурные и функциональные изменения мозга.

«Инсульт — это очень распространенное и социально значимое заболевание, при этом у него более-менее изучен пато-

генез, что позволит нам более однозначно интерпретировать полученные данные. В дальнейшем изученные механизмы нейропластичности мы будем экстраполировать на исследование травматических и постхирургических вмешательств, таких как удаление опухоли», — рассказала заведующая молодежной лабораторией кандидат медицинских наук **Юлия Александровна Станкевич**.

Сейчас в лаборатории работают десять человек, восемь — ученые до 35 лет, половина из них аспиранты и ординаторы, которые устроены на должность младших научных сотрудников и лаборантов. Остальные — кандидаты медицинских наук и старшие научные сотрудники. Одна из целей лаборатории — поддержать инициативу молодых специалистов и дать перспективу для их дальнейшего развития.

«На основании полученных результатов исследования мы планируем писать статьи, выступать на конференциях, молодые ученые будут защищать научные работы. Как минимум по теме нейровизуализации запланированы две кандидатские и одна докторская. Моя большая цель — сделать качественное исследование, чтобы его результаты можно было публиковать в рейтинговых научных журналах в России и за рубежом. Хотелось бы, чтобы нашу группу начали узнавать в медицинском сообществе», — сказала Юлия Станкевич.

У специалистов из МТЦ уже есть опыт в исследовании нейропластичности. В 2019–2022 годах на основе гранта от Российского научного фонда существовал проект «Нейропластичность головного мозга как объект нейровизуализации» (№ 19-75-20093), который успешно завершился. За четыре года ученые приобрели достаточно опыта, чтобы расширить исследование и продолжить начатую тему. В прошлой работе совместно с Бердской центральной больницей исследователи рассматривали, как восстанавливается мозг с помощью консервативного метода лечения. Сейчас же в молодежной лаборатории будут изучать, какое влияние на головной мозг оказывают новые терапии: тромболизис и тромбоэкстракция, а также методики постинсультной нейрореабилитации. При тромболизисе вводят препарат, который растворяет тромбы, а при тромбоэкстракции извлекают тромбы при помощи специальных инструментов, применяется она при поражении крупных артерий головного мозга. Особенность этих типов лечения в том, что они позволяют восстановить кровоток в закрытом сосуде и предотвратить повреждение мозга.

«Как правило, к нам попадают люди от 30 до 70 лет. Мы проводили осмотр в остром периоде, то есть в первые трое суток после клинической манифестации, потом в переход в подострое состояние,

это на седьмые и десятые сутки, и, наконец, — в хронической стадии, на третий и шестой месяц. Получается, что в первые два раза мы смотрели пациентов из стационара, а на третий раз приглашали амбулаторно. Опыт показал, что люди, которые перенесли легкий инсульт, легче идут на контакт. Однако в нашей практике мы сталкивались и с тяжелыми случаями. Например, поступил пациент с большим полушарным инсультом. Такой человек нетранспортабелен, и осмотреть три раза мы его не можем, поэтому оставляем в стационаре на реабилитации», — объяснила Юлия Станкевич.

Молодежная лаборатория функциональной нейровизуализации получила субсидию по теме «Изучение процессов постинсультной структурно-функциональной реорганизации головного мозга современными методами нейровизуализации» на три года. Продлят ли ее, зависит от того, к каким результатам придут исследователи. Заведующая лабораторией Юлия Станкевич подчеркнула, что тема нейропластичности достаточно большая и заканчивать работу на постинсультном состоянии ученые из МТЦ СО РАН не планируют.

**Барбара Фролкина,**  
студентка отделения журналистики  
Гуманитарного института Новосибирского государственного университета

## Сибирские ученые создают код для численного моделирования физических процессов в газодинамической многопробочной ловушке

Научные сотрудники лаборатории бор-нейтронозахватной терапии физического факультета Новосибирского государственного университета и ученые Института ядерной физики им. Г. И. Будкера СО РАН работают над проектом установки, которая должна стать прототипом будущего термоядерного реактора на основе открытых магнитных систем. Воплотить в жизнь эту идею исследователи ИЯФ СО РАН планируют с помощью газодинамической многопробочной ловушки (ГДМЛ).

Эта ловушка должна не только объединить в себе основные достоинства газодинамического и многопробочного удержания, которые активно изучались в ИЯФ СО РАН на протяжении многих лет, но и продемонстрировать эффективность нового, пока не исследованного экспериментально, диамагнитного режима, в котором плазменные токи полностью вытесняют магнитное поле из объема плазмы, формально увеличивая пробочное отношение до бесконечности.

«Эта установка позволит не только изучить физику, необходимую для продвижения к реакторным параметрам, но и станет стендом для отработки ключевых технологий, которые уже в ближайшее время можно использовать для создания нейтронного источника. Такой источник сегодня необходим не только как составная часть гибридного реактора деления, но и как средство для материаловедческих исследований в решении проблемы первой стенки термоядерного реактора», — пояснил ведущий научный сотрудник

лаборатории бор-нейтронозахватной терапии физического факультета НГУ доктор физико-математических наук **Игорь Валериевич Тимофеев**.

Предполагается, что ГДМЛ будет размещена в ИЯФ СО РАН. Для проверки основных идей, заложенных в концепцию этой установки, в институте стартовал целый ряд поддерживающих экспериментов на установках ГОЛ-НВ, КОТ и СМОЛА. Эти эксперименты призваны воспроизвести те же самые физические процессы, которые должны быть реализованы в ГДМЛ, но только в меньшем масштабе. Так, эксперимент КОТ (компактный осесимметричный тороид) в ближайшее время должен впервые продемонстрировать возможность полного вытеснения магнитного поля из плазмы и формирования так называемого диамагнитного пузыря в процессе мощной нейтральной инъекции в компактный пробкотрон с расстоянием между магнитными пробками около 60 сантиметров.

В свою очередь ученые НГУ планируют как теоретически, так и с помощью численного моделирования исследовать, можно ли в открытой ловушке с магнитными пробками создать и удержать в равновесии плазму с давлением, равным давлению вакуумного магнитного поля, будет ли такое плазменное равновесие устойчиво и удастся ли уменьшить потери частиц и энергии через открытые торцы системы в этом режиме до уровня, при котором открытая ловушка станет привлекательна для создания на ее основе термоядерного реактора.

Разработкой PIC-кода (particle-in-cell) займется Игорь Тимофеев и его ученики. Также в проекте участвуют ведущие теоретики ИЯФ СО РАН кандидат физико-математических наук **Алексей Дмитриевич Беклемишев** и доктор физико-математических наук **Игорь Александрович Котельников**, которые вместе со своими коллегами будут развивать альтернативные аналитические модели равновесия и устойчивости диамагнитного пузыря.

«Численное моделирование позволит не только объяснить результаты поддерживающих экспериментов, но и установить возможность масштабирования интересующих нас процессов на субреакторные параметры ГДМЛ. Кроме того, сама идея диамагнитного удержания ныне базируется на весьма упрощенной МГД-теории и требует верификации с помощью более сложных кинетических моделей», — рассказал Игорь Тимофеев.

Для моделирования процессов формирования плазменных равновесий с предельным давлением ученые планируют на основе метода частиц в ячейках создать новый неявный электромагнитный 3D-код с точным сохранением энергии и заряда. Этот код будет рассчитывать кинетику не только ионов, но и электронов плазмы. Кроме того, он позволит самосогласованно описывать не только процессы захвата нейтральных пучков в плазму и вытеснения магнитного поля из-за роста ее давления, но и процессы развития различных микро- и макронеустойчивостей плазмы, которые будут определять потери частиц и энергии из ловушки.

«Наша цель — создание полностью неявного кода, допускающего плавный переход от точной кинетики электронов в немагнитной плазме к их дрейфово-кинетическому описанию в сильных магнитных полях. Это станет весьма значимым результатом, поскольку откроет возможность полномасштабного моделирования не только термоядерных экспериментов, но и различных явлений в космической плазме, таких как магнитное пересоединение, натекание солнечного ветра на магнитосферу Земли и другие», — объяснил Игорь Тимофеев.

В ходе исследований ученые рассчитывают получить ответ на вопрос об эффективности удержания плазмы в открытой ловушке в так называемом диамагнитном режиме, когда давление плазмы достигает давления вакуумного магнитного поля, а потери сосредоточены в узком переходном слое или являются неадиабатическими. Это позволит сформулировать конкретные рекомендации по строительству в ИЯФ СО РАН установки ГДМЛ — первого прототипа термоядерного реактора на основе аксиально симметричных магнитных систем.

Данное исследование проводится в рамках проекта «Численное моделирование физических процессов в открытой ловушке ГДМЛ». В этом году он получил поддержку Российского научного фонда. Грант рассчитан на три года.

**Пресс-служба**  
Новосибирского  
государственного университета

## ВАКАНСИЯ

Институт систем информатики им. А. П. Ершова СО РАН объявляет конкурс на замещение вакантной должности главного научного сотрудника по научной специальности 2.3.5. «Математическое и программное обеспечение вычислительных систем, комплексов и компьютерных сетей», степень доктора наук, стаж работы по специальности.  
Срок подачи документов — два месяца со дня опубликования объявления.  
Документы направлять в конкурсную комиссию по адресу: 630090, г. Новосибирск, пр. Академика Лаврентьева, 6. Справки по тел. (383) 330-87-44 (отдел кадров). Объявление о конкурсе и перечень необходимых документов размещены на сайте института.



По этой ссылке вы можете присоединиться к нашей группе в «Телеграм»

Сайт «Науки в Сибири»  
www.sbras.info

# Ученые выяснили, почему численность описторхов в Новосибирской области остается высокой

Исследователи из Института систематики и экологии животных СО РАН пришли к мнению, что при общем снижении заболеваемости описторхозом у людей, в некоторых регионах она всё еще остается высокой, в том числе в Новосибирской области. Окончательными хозяевами эндопаразитов, вызывающих описторхоз, являются домашние питомцы. Статья об этом опубликована в журнале *Veterinary Parasitology: Regional Studies and Reports*.

Описторхоз — это заболевание из группы трематодозов, вызываемое паразитическими плоскими червями из рода *Opisthorchis*. Оно распространено на территории России, Казахстана и стран Юго-Восточной Азии, а также в Европе и поражает человека, диких животных и домашних питомцев. Заражение происходит при употреблении в пищу сырой или недоваренной рыбы семейства карповых. Болезнь характеризуется поражением внутривенечных желчных протоков, желчного пузыря и режы — протоков поджелудочной железы.

Основным возбудителем описторхоза в России является *O. felineus*. В Западной Сибири крупнейший очаг описторхоза расположен в Обь-Иртышском бассейне, где преобладают печеночные сосальщики. В Новосибирской области зараженность людей описторхами составляет 92 случая на 100 тысяч человек.

Что касается животных, то в Алтайском крае, Томской и Новосибирской областях количество зараженных домашних питомцев, а также бездомных кошек и собак в разные времена могла составлять от 4 до 100%. По симптомам сложно распознать описторхоз у питомцев, так как они проявляются при многих заболеваниях: тошнота, расстройство стула, неопрятная шерсть. Однако есть более явные: частая тошнота, диарея, желтуха, потеря веса. Окончательный диагноз можно поставить только при полном обследовании животного.

«Приблизительные цифры таковы, что на основе данных нашего исследования по зараженности, если их перенести только на официально зарегистрированную численность кошек и собак, окажется, что количество зараженных животных значительно больше, чем количество инвазированных людей. При этом кошки являются более важным животным-резервуаром, чем собаки или люди», — объяснил заведующий лабораторией паразитологии ИСиЭЖ СО РАН, главный врач ветеринарной клиники «АС Вет» кандидат биологических наук Сергей Владимирович Коняев.

В качестве образцов в исследовании использовались фекалии кошек и собак, включая животных, содержащихся в приютах, стерилизационных центрах. Ученым важно было узнать, насколько стабильно инвазия описторхоза распространяется за счет домашних животных.

Кроме того, в ходе исследования были обнаружены тринадцать видов гельминтов и девять видов простейших эндопаразитов у кошек и собак, многие из которых могут представлять опасность для человека. Такие паразиты, как токсокары, обладают высокой устойчивостью к неблагоприятным условиям обитания. Еще есть лямблии, которые также способны приживаться в негативных условиях, преобразовываясь в цисту.

В первую очередь заражение описторхами происходит при потреблении рыбы из местных водоемов. На формирование обского очага описторхоза повлияло много



Взрослые описторхи



Битинии

факторов: рельеф, благодаря которому реки и озера смешиваются, а зараженные рыбы из семейства карповых мигрируют. Это, как правило, происходит весной и осенью.

Второй фактор — в водоемах Западно-Сибирской равнины время от времени развивается зимняя и летняя гипоксия, из-за чего происходит замор рыбы. Это делает рыбу слабее, она легко становится добычей для хищников, тем самым распространяя инвазию. Паразиты не погибают вместе с рыбой, а приобретают нового хозяина в виде хищника.

На жизненный цикл *O. felineus* большое влияние оказывает температура. Она влияет на метаболизм первого промежуточного хозяина — моллюска рода *Bithynia* и его успешное заражение описторхами. Активны моллюски в Западной Сибири лишь с июня по август. Если же температура становится +10 °C и опускается ниже, то моллюск не способен заразиться. У рыб заражение паразитами также зависит от температуры.

В семьях рыбаков и в деревнях кошки часто питаются мелкой рыбой,

что приводит к загрязнению местных водоемов яйцами описторхид. Хотя кошки и собаки не могут напрямую заразить человека, они становятся источником инвазии для моллюсков, которая затем попадает в рыбу. Чтобы инвазия не распространялась, необходимо также своевременно лечить домашних питомцев.

«Действенный метод борьбы с паразитами у кошек и собак — исключение из рациона плохо обработанной рыбы семейства карповых (язь, елец, плотва, карась, лещ, линь, сазан, карп, красноперка, сорочка, голянь, пескарь, верховка, жерех, уклея, густера, подуст, чебак) либо заморозка и варка рыбы перед употреблением. В городских условиях сделать это гораздо легче, нежели в сельской местности, где домашние животные имеют доступ к различным водоемам, — добавил Сергей Коняев. — Рыба в готовых кормах, будь то сухие или консервы, не несет опасности для домашних животных».

Юлия Сидорова  
Фото представлены  
Сергеем Коняевым