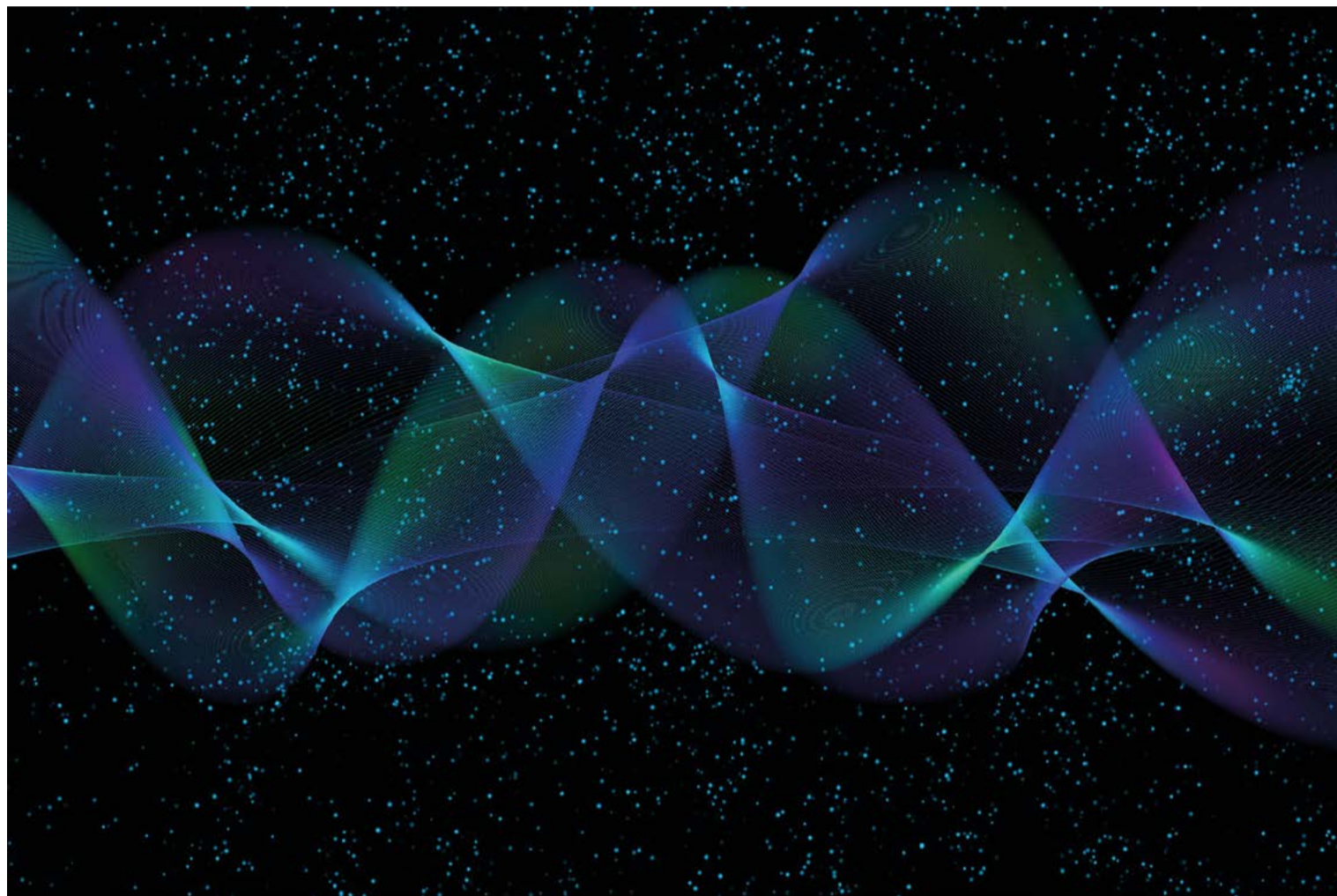




Наука в Сибири

Газета Сибирского отделения Российской академии наук • Издается с 1961 года • 31 марта 2022 года • № 12 (3323) • 12+

Ученые научились фиксировать ранее неразличимые спиновые состояния



Читайте на стр. 4–5

Новость

Сибирские ученые разрабатывают технологии клеточного иммунитета

Об использовании клеточных технологий, технологии трансплантации костного мозга и стволовых клеток, иммунотерапии и иных, в том числе собственных, разработках рассказали исследователи и врачи Научно-исследовательского института фундаментальной и клинической иммунологии. По эффективности применяемых методик, уровню технической оснащенности учреждение является уникальным не только для Сибири, но и для всей России.

Заместитель губернатора Новосибирской области **Ирина Викторовна Мануйлова** подчеркнула, что созданный около сорока лет назад НИИФКИ — это научно-исследовательская площадка, которая отвечает вызовам времени и работает над созданием технологий будущего. Их разработке помогает грантовая поддержка, оказываемая правительством Новосибирской области и Российским фондом фундаментальных исследований. Работы ведутся по линии НОЦ «Сибирский биотехнологический научно-образовательный центр» — научно-образовательного центра мирового уровня.

«Разработки института по исследованию клеточного иммунитета, иммунного ответа организма на те или иные вызовы по своей сути являются персонализированной медициной, когда взамен привычным фармпрепаратам на помощь врачу и пациенту приходят клетки и выверенные высокотехнологичные методики. В настоящее время, когда, по сути, прерывается цепочка поставок, в том числе из-за рубежа, такая работа по максимально быстрому внедрению имеющихся наработок на собственных площадках чрезвычайно важна», — отметила Ирина Мануйлова.

В лабораториях НИИФКИ ведется разработка и апробация новых методов диагностики и лечения основных заболеваний человека на основе комплексного использования иммуностропных препаратов, наночастиц, цитокинов и клеточных технологий. Как рассказал директор НИИФКИ доктор биологических наук **Александр Николаевич Силков**, в институте разработано более 35 новых медицинских технологий диагностики и лечения, 20 из которых защищены патентами и 9 — зарегистрированы Росздравнадзором.

НИИФКИ реализует проекты фундаментальных и клинических исследований новых методов иммунодиагностики и иммунотерапии социально значимых заболеваний, в том числе применения таргетной иммунотерапии в лечении аутоиммунных и аллергических болезней и новых возможностей использования клеточных технологий при поражении центральной нервной системы при гематологических и онкологических заболеваниях. Здесь получают высокотехнологичную медицинскую помощь сотни пациентов, недуги которых еще десять лет назад считались неизлечимыми. Кроме того, в НИИФКИ проводятся диагностика и лечение первичных иммунодефицитов у детей и взрослых.

Также в рамках НОЦ «Сибирский биотехнологический научно-образовательный центр мирового уровня» разрабатывается проект, посвященный прогнозу исхода трансплантации костного мозга при онкогематологических заболеваниях, проводится восстановление больных, перенесших коронавирусную инфекцию.

Пресс-служба губернатора и правительства Новосибирской области

Новость

Движение к Академгородку 2.0 продолжается

Состоялось очередное заседание президиума Координационного совета программы развития Новосибирского научного центра.

Под председательством губернатора Новосибирской области **Андрея Александровича Травникова** участники обсудили ход выполнения предыдущих решений и поручений президиума координационного совета. Были заслушаны сообщения о степени проработки проектов развития научной инфраструктуры: ЦКП «Центр генетических технологий» и «Опытное производство катализаторов», Новосибирского научно-образовательного центра СО РАН на базе Новосибирского государственного университета, Центра исследований минералообразующих систем и Центра оптических информационных технологий и прикладной фотоники.

Председатель Сибирского отделения РАН академик **Валентин Николаевич Пармон** выступил с инициативой определения границ Большого Академгородка, в том числе как единого земельного фонда, где предполагается установить мораторий на любые строительные землеотводы, не согласованные с мастер-планами. Валентин Пармон также обозначил пожелание цельного, а не поэтапного мастер-планирования территории будущего городка инноваторов между Нижней Ельцовкой и наукоградом Кольцово. «Предлагаем провести конкурс на название этого проекта», — дополнил глава СО РАН.

На заседании также заслушали сообщение о результатах сейсмологических обследований при разработке проектно-сметной документации строений и сооружений ЦКП «Сибирский кольцевой источник фотонов». Было отмечено, что, согласно заключению экспертов, выбранный участок адекватен задачам строительства СКИФа, проект безопасен для окружающей среды и населения.

НВС

Анонс

Объявлен прием материалов в очередной номер журнала «Наука и технологии Сибири»

Тема пятого выпуска издания СО РАН — «Малотоннажная химия и катализ».

В срок до 18 апреля принимаются иллюстрированные тексты по прикладным разработкам в области малотоннажной химии и катализа, находящимся в различной степени готовности к промышленному применению. Материал размещается путем заполнения Яндекс-формы: <https://forms.yandex.ru/u/623c35d3ca476a0e450e3f8e/>

Контакт: секретарь редакционной группы «Наука и технологии Сибири» **Любовь Юрьевна Батраева**; тел. (383) 217-45-78; e-mail: l.batraeva@sb-ras.ru.

Директору Института философии и права СО РАН доктору философских наук Марине Николаевне Вольф — 50 лет

Глубокоуважаемая Марина Николаевна!

Президиум Сибирского отделения Российской академии наук и Объединенный ученый совет СО РАН по гуманитарным наукам сердечно поздравляют Вас с юбилеем!

С Институтом философии и права Сибирского отделения РАН Вас связывают почти 25 лет исследовательской деятельности, в нем Вы прошли путь от аспиранта до директора. На этом посту Вы сохраняете традиционный для института дух творчества, интеллектуального поиска, преемственности в исследованиях.

Вы известны как специалист в области активно развиваемого Вами нового направления в истории западной философии — аналитической истории философии. Результаты Ваших исследований нашли отражение почти в ста сорока научных

публикациях, в том числе семи монографиях. Одна из них, «Ранняя греческая философия и Древний Иран», переведена на персидский язык и издана в Иране, что свидетельствует о фундаментальности и оригинальности результатов.

Особое место в Вашей научной деятельности занимает развитие сибирской школы истории философии, включающей направление философского антиковедения в Новосибирском научном центре. Деятельность научной школы и анализ ее результатов за последние 20 лет поддержаны грантом РФФИ и правительством Новосибирской области.

Наряду с фундаментальными проектами в течение последних пяти лет Вы реализуете практико-ориентированный проект развития истории философии как культурной политики, способствующий

социальному и духовному развитию Сибирского региона и России в целом. Как результат в настоящий момент выявлены в современной философии некоторые позитивные способы инкорпорирования в российскую культуру интеллектуальных образцов, накопленных в историко-философском знании за двадцать веков развития (аргументация, методы, модели, идеи, подходы к познанию).

Ваш профессионализм и репутация исследователя широко востребованы: Вы являетесь членом ряда диссертационных советов, входите в состав редколлегий ведущих профильных научных журналов Москвы, Новосибирска, Томска.

Вы успешно сочетаете исследовательскую и научно-организационную работу с педагогической деятельностью: преподаете в ряде вузов Сибири, в том числе

ТГУ и НГУ, в котором возглавляете кафедру истории философии. По результатам многолетней научно-педагогической деятельности Вами опубликовано семь учебных пособий.

Дорогая Марина Николаевна! В этот прекрасный весенний день желаем Вам крепкого здоровья, неиссякаемой энергии и новых творческих достижений!

Председатель СО РАН
академик РАН В. Н. Пармон

Председатель ОУС СО РАН
по гуманитарным наукам
академик РАН А. П. Деревянко

Главный ученый секретарь СО РАН
академик РАН Д. М. Маркович

НОВОСТИ

Грибы могут стать частью рациона космонавтов на лунной базе

Ученые из России и Австрии разработали концептуальную модель грибной фермы на Луне. В перспективе такая ферма на лунной базе может стать частью системы жизнеобеспечения с функциями воспроизводства пищи и переработки растительных отходов. Результаты исследования опубликованы в журнале *Life Sciences in Space Research*.

Разработка системы жизнеобеспечения человека является составной частью планирования длительных космических миссий. Одно из ее предназначений — обеспечение космонавтов пищей. В список биологических видов-кандидатов на воспроизводство пищи наряду с растениями и животными включены грибы.

Ученые Института биофизики ФИЦ «Красноярский научный центр СО РАН» совместно с коллегами из Австрии разработали концептуальную модель грибной

фермы на лунной базе. Она состоит из двух модулей. Первый используется для подготовки и стерилизации субстрата, а во втором происходит посев и выращивание грибов. С ростом численности экипажа производство грибов можно увеличить, установив дополнительные модули.

По мнению исследователей, наиболее подходящим грибом для выращивания на Луне является вешенка. Она содержит мало натрия, насыщенных жиров и холестерина. При этом является хорошим источником белка, тиамина, витамина B6, фолиевой кислоты, железа, магния, цинка и марганца, а также пищевых волокон, рибофлавина, ниацина, пантотеновой кислоты, фосфора, калия и меди. В отличие от других культивируемых грибов, вешенку уже использовали в экспериментальной модели системы жизнеобеспечения для переработки растительных отходов.

Технологический цикл выращивания грибов длится чуть больше двух месяцев и включает в себя подготовку и стерилизацию субстрата, посев, сбор урожая. После завершения процесса отработанный субстрат удаляется и проводится влажная уборка фермы. Исследователи отмечают, что выращивать грибы на Луне планируется на растительных отходах, например пшеницы, которая использовалась в созданной красноярскими учеными системе жизнеобеспечения БИОС-3. Ученые подсчитали, что один технологический цикл требует 86 кг растительных отходов и дает 28 кг свежих грибов. Этого количества достаточно для употребления пятнадцатью космонавтами двух блюд в неделю, содержащих по 100 г вешенки.

«Есть несколько причин для включения грибов в космическую диету. Как и продукты животного происхождения, в отличие от растений, грибы содержат витамин D.

Поэтому, в случае невозможности получения животной пищи, они могут стать единственным источником витамина D в экологической системе жизнеобеспечения. Грибы выращивают на растительных отходах, что обеспечивает их переработку в удобрение. Использование грибов увеличивает разнообразие космического рациона. Однако представленный проект грибной фермы содержит неопределенности, потому что грибы на Луне еще не выращивали. Параметры будущей грибной фермы и лунной биорегенеративной системы жизнеобеспечения можно будет уточнить с помощью их малых аналогов, доставляемых на Луну», — рассказал старший научный сотрудник Института биофизики ФИЦ КНЦ СО РАН кандидат биологических наук Владимир Степанович Ковалев.

Группа научных коммуникаций
ФИЦ КНЦ СО РАН

Новосибирские ученые предложили новый способ стабилизации и интенсификации кипения в вакууме

Он позволяет создать новые системы охлаждения электроники и повысить эффективность и надежность работы абсорбционных чиллеров и другого теплообменного оборудования, в основе которого лежит кипение при низких давлениях.

Сегодня абсорбционные чиллеры и другие системы двухфазного охлаждения используются и в науке, и в повседневной жизни: в ядерных реакторах, теплоэнергетике, высокопроизводительных устройствах микроэлектроники и серверах, в опреснительных системах. Поддержание стабильной рабочей температуры — одна из важных задач в эксплуатации систем охлаждения и оборудования, для которого они предназначены. Ученые Института теплофизики им. С. С. Кутателадзе СО РАН и Новосибирского государственного университета вместе со студентами механико-математического факультета НГУ предложили новый способ повышения эффективности теплообмена при кипении в вакууме, который позволит разработать более эффективные и надежные системы двухфазного охлаждения. Результаты экспериментов опубликованы в журнале *Applied Thermal Engineering* (Q1).

К таким системам двухфазного охлаждения можно отнести системы погружного типа (*immersion cooling*), которые позволяют поддерживать необходимые температурные условия за счет отвода излишнего тепла от тепловыделяющей поверхности посредством кипения жидкости. В этом случае кипение за счет постоянного процесса парообразования обеспечивает гораздо более высокую интенсивность теплообмена и стабильность температурного режима по сравнению с традиционным воздушным охлаждением. Однако не редки случаи, когда то или иное устройство нужно охладить еще больше: например, для уменьшения скорости коррозии теплообменного оборудования в различных типах испарителей, повышения эффективности и экологичности электростанций, снижения энергопотребления в испарителях опреснительных установок. Тогда необходимо понижать давление, тем самым уменьшая температуру кипения жидкости.

«Одним из основных факторов, препятствующих внедрению технологий, основанных на кипении теплоносителя в вакууме, является заметное снижение интенсивности теплообмена и критичес-

ких тепловых нагрузок с понижением давления. Например, при понижении давления от атмосферного до такого, при котором вода начинает кипеть при температуре, близкой к комнатной, интенсивность теплообмена может снижаться в несколько раз. Более того, процесс кипения в вакууме сопровождается существенными колебаниями температуры теплообменной поверхности. Для ряда задач, например охлаждения устройств микроэлектроники погружным способом, это является крайне нежелательным фактором, влияющим на надежность работы оборудования», — рассказал старший научный сотрудник ИТ СО РАН и лаборатории физико-технических основ энергетики физического факультета НГУ кандидат физико-математических наук Антон Сергеевич Суртаев.

По этой причине сегодня активно разрабатываются и обсуждаются различные способы повышения эффективности теплообмена при кипении в вакууме. Большинство из них основано на модификации поверхности тепловыделения. Среди них существуют два главных направления: изменение морфологии рабочей поверхности путем микро- и наноструктурирования

и управление ее свойствами смачивания. Исследование новосибирских ученых принадлежит ко второму направлению. Так, ими разработана и создана так называемая бифильная поверхность, соединяющая в себе преимущества гидрофобных и гидрофильных свойств поверхности применительно к задаче повышения эффективности кипения. Эксперименты проведены с использованием современных высокоскоростных методик: термографической съемки и видеосъемки.

В результате авторы показали, что изготовленная поверхность обеспечивает значительную интенсификацию теплообмена при кипении в вакууме (до 3,7 раз по сравнению с обычной поверхностью) и позволяет значительно стабилизировать температурный режим охлаждения.

«Иными словами, применение бифильной поверхности позволило нам разбить один большой пузырь на несколько пузырьков поменьше и тем самым обеспечить однородность температурного поля поверхности при кипении в вакууме», — рассказал студент третьего курса Инженерной школы ММФ НГУ Георгий Патрин.

Пресс-служба НГУ

Актуальные исследования сибирских ученых. Продолжение

«Наука в Сибири» продолжает рассказывать о важных разработках сибирских ученых, которые обсуждались на заседании Президиума СО РАН.

Современные разработки по управлению и развитию теплоэнергетических систем требуют учета технических, физических и математических закономерностей. Такой синтез позволяет производить теория гидравлических цепей, созданная в Институте систем энергетики им. Л. А. Мелентьева СО РАН (Иркутск). На методах этого междисциплинарного направления базируется практически весь современный вычислительный инструментарий для теплоснабжения.

Эффективная работа теплоэнергетической системы требует выбора числа, типа, мест расположения источников тепла и оптимальной схемы сети, связывающей источники с потребителями. Ученым из ИСЭМ СО РАН удалось разработать методические основы оптимизации структуры теплоисточников и пространственного зонирования по типу теплоснабжения (централизованного или децентрализованного). Также впервые предложена технология формирования избыточных схем с разнотипными источниками и разработана информационно-вычислительная платформа, реализующая меню моделей и методов.

«Особенно острой сегодня стала задача распределения нагрузки между источниками и их выбора, так как современная система энергоснабжения разделена по собственникам и необходимо учесть интересы каждого», — сказал директор ИСЭМ СО РАН член-корреспондент РАН Валерий Алексеевич Стенников. — Если раньше проблемы решались относительно одного экстремума, например стремления к минимуму затрат для оптимизации, то сегодня приходится искать компромиссы. Наш подход позволяет последовательно учитывать сетевой комплекс, находя оптимальное решение. Теперь в зависимости от организации мы получаем разные типы распределения зон обслуживания источников».

Не менее важной проблемой является обеспечение надежности теплоэнергетических систем. Система, предложенная научными сотрудниками института, включает весь комплекс и рассматривается совместно без разделения на тепловые сети, источники и поставку, что позволяет распределить резерв надежности по всем узлам, более рационально определить состав резерва и обеспечить минимум затрат. Впервые удалось решить задачи структурного (новые схемы сети) и элементного (переход к более качественным элементам: пластик, стеклопластик) резервирования.

Современные разработки в области теплоэнергетических систем ориентированы на переход от инерционных технологий функционирования систем к технологиям управления в реальном времени. По убеждению специалистов, происходит эпохальный переход, ведь это позволит удешевить подачу тепловой энергии, сократить потери и обеспечить управление в соответствии с температурой наружного воздуха. Поэтому сформулированные сибирскими учеными принципы построения новых теплоснабжающих систем направлены на объединение теплоисточников для совместной работы на общие тепловые сети (включая источники распределения генерации энергии), а также на распределение системы на независимые контуры.

Заведующий отделом разнообразия и эволюции геномов Института молекулярной и клеточной биологии СО РАН член-корреспондент РАН Александр

Сергеевич Графодатский говорил об изучении геномов и хромосом различных видов животных.

Он рассказал, что начал свою работу в этом направлении с написания обзора «Хромосомы сельскохозяйственных и лабораторных млекопитающих», созданного по просьбе академика Дмитрия Константиновича Беляева. «Я посмотрел недавно — эта книга до сих пор активно цитируется, причем во всех авторефератах по генетике сельскохозяйственных видов и во многих авторефератах по медицинской генетике. Там описано множество методов, которые работают до сих пор», — отметил Александр Графодатский.

Еще одно направление работ ученого и его коллег — это добавочные, или В-хромосомы. По словам А. Графодатского, на этих добавочных хромосомах были найдены функционально активные и очень важные гены развития, и именно с такой структурой локализации генов связаны некоторые окрасы у лисиц.

«Параллельно мы участвовали в программе “Геном человека”, и я очень гордился, что в 1995 году получил премию им. А. А. Баева именно за то, что мы обеспечили хромосомную составную часть этого проекта», — подчеркнул исследователь.

«Совсем недавно появился метод Hi-C, его придумал молодой ученый из Хьюстона. В результате изучения конформации ДНК с помощью определенных методов получается так, что мы можем секвенировать и представить каждую хромосому в отдельности. Доктор Эрец Либерман Айден из Колледжа медицины Бэйлора (Хьюстон) предложил нам объединить возможность, и мы организовали совместный проект DNA Zoo. Филиал этого проекта располагается в нашем институте. В том числе исследовали панголинов, пушных зверей, кошек — в этом направлении мы будем двигаться и дальше, и тут важно, что и геномика, и хромосомика объединились внутри себя», — рассказал Александр Графодатский.

Около 15 лет назад научная группа под его руководством с помощью археологов и палеонтологов начала заниматься древней ДНК. «Я думаю, что в конечном итоге Hi-C метод удастся применить и к вымершим видам, по крайней мере, плейстоценовой фауны», — заметил ученый. По его словам, наиболее интересны в этом направлении вопросы доместики. Так, Александром Графодатским с коллегами установлено, что древнейшая собака была одомашнена на Алтае около 33,5 тысяч лет назад. С помощью анализа митохондриальной ДНК определены ее родственные отношения с современными и древними собаками и волками.

«Не менее любопытно получилось с лошадью: сначала считалось, что она была доместичирована в районе Ботая (север Казахстана), но оказалось, что там всё же не было доместикации, люди охотились и пасли лошадей Пржевальского и на них не ездили. Некоторое время назад вышла статья, в которой мы поучаствовали, где показано: лошади, являющиеся предками всех современных лошадей, были одомашнены в регионе между Доном и Волгой. Эта работа будет продолжаться, и я думаю, что она принесет нам еще много интересного», — прокомментировал Александр Графодатский.

Директор Сибирского федерального научного центра агроботехнологий РАН доктор биологических наук Кирилл

Сергеевич Голохваст рассказал про биотехнологию растительного сырья с применением сверхкритических условий.

«Моя группа заинтересовалась исследованием биологически активных соединений. Наши исследования базировались на работах доктора химических наук Георгия Борисовича Елякова и доктора химических наук Израиля Ицковича Брехмана. Они в 1960-х годах были одними из первых, кто обратил внимание на биохимию женьшеня и элеутерококка», — рассказывает ученый.

До последнего времени сверхкритическая экстракция с помощью CO₂ мало применялась в практике и только недавно пошла в массы. Ее преимущество заключается в том, что она позволяет с помощью сжиженного СО получать соединения, которые классические методы экстракции (водной, этанольной и так далее) вытаскивать не могут. Кроме того, эта технология является зеленой, селективной, для нее не нужны растворители, и на выходе получается стерильный экстракт. Она не требует высоких температур и не разрушает биологически активные вещества. Однако технология сверхкритической экстракции работает с высокими давлениями, и для нее нужно сложное оборудование.

«Эта методология крайне перспективна с точки зрения промышленности. В Китае сейчас выпускают такие СО₂-экстракторы с объемом 100–300 литров, — отмечает Кирилл Голохваст. — По сравнению с технологией дистилляции она показывает значительное снижение себестоимости. Например, позволяет получать дистилляты масел розы, лаванды и других растений намного дешевле и при меньшем расходе».

По словам ученого, из более чем 350 тысяч растений человек использует в лучшем случае тысячу. Кроме того, даже эти виды и сорта еще недостаточно исследованы. Поэтому перед специалистами открывается огромный простор для работы.

Например, перспективным оказался индуцированный дальневосточный женьшень. Ученые предлагают использовать его в безалкогольных напитках, шоколаде и некоторых других продуктах. Также исследователи ищут новые компоненты и разрабатывают технологии их выделения в уже известных растениях (багульнике болотном, можжевельнике даурском, ели сибирской и других). Кроме того, СО₂-экстракцию можно использовать для извлечения натуральных красителей из сильноокрашенных растений.

Директор Томского национального исследовательского медицинского центра РАН член-корреспондент РАН Вадим Анатольевич Степанов рассказал о геномике человека, медицинской генетике и персонализированной медицине.

Последние несколько десятков лет проходят под эгидой направления, которое принято сейчас называть персонализированной медициной, — с учетом индивидуальных особенностей, прежде всего генетических, при принятии решений в лечении болезни.

«Генетически народы и популяции разнятся: в среднем у каждого из нас есть четыре-пять миллионов точек, по которым мы отличаемся от референсного генома, — рассказал Вадим Степанов. — За последние несколько лет Томский НИМЦ РАН накопил крупную базу знаний по полному геному и разным народам».

Наиболее общей закономерностью организации генетического разнообразия

в популяции человека является его строгая пространственная структурированность, проявляющаяся как кластеризация географически близких популяций. Причина такой картины заключается в эволюционной истории человека, которая изменялась при расселении людей из Африки и в основном происходила под действием нейтральных факторов: эволюции, миграции, дрейфа генов и других. Генетическое разнообразие уменьшается по мере отдаления от центра происхождения к периферии ареала.

«Интересно было бы найти те участки генома, которые по-другому себя ведут и сохранили следы действия не нейтральных факторов, — подчеркнул Вадим Степанов. — Одна из современных гипотез — гипотеза деканализации, которая говорит о том, что когда человек жил в Африке, его фенотипическая изменчивость была минимальна и адаптирована долгими поколениями и сотнями тысяч лет к определенной среде. А когда началось переселение, условия среды обитания и факторы, определяющие отбор, менялись, и популяция приходила в деканализованное состояние. Тогда многие гены, которые были нужны в исходной среде, становились гиперреактивными и превращались в гены, связанные с заболеваниями».

Несколько лет назад исследователи обнаружили сигналы деканализации при изучении иммунозависимых болезней, бронхиальной астмы и ожирения. «Мы использовали функциональный подход, то есть брали гены, имеющие отношение к определенной болезни и характеризующиеся сходным изменением функций, — объясняет Вадим Степанов. — А затем проверили свою гипотезу на позиционном подходе: взяли геном, независимо от того, какие участки за что отвечают, и просканировали его — обнаружили примерно 450 генов, для которых характерны указанные выше закономерности. Эти гены имеют отношение к метаболическим, сердечно-сосудистым, инфекционным, иммунным, неврологическим и психиатрическим болезням».

Вадим Степанов считает, что персонализированные подходы должны внедряться в практику. Пока они реализуются на простых генетических состояниях и редких орфанных заболеваниях, например в виде преимплантационного генетического тестирования, которое позволяет паре завести здорового ребенка.

Генетические технологии можно использовать и в криминалистике. Например, Томский НИМЦ РАН провел работу по созданию генетических технологий этнотерриториального происхождения неизвестного индивида по заказу Следственного комитета РФ. «Мы предложили два подхода, один — основанный на секвенировании генома, второй — на Y-хромосоме, поскольку преступники в основном мужчины, — рассказал Вадим Степанов. — Была создана мультиплексная база данных, превосходящая мировые аналоги и разработанная под отечественные приборы и реактивы. За последние несколько лет мы помогли раскрыть порядка 70 преступлений, среди которых изнасилования, серийные убийства». Вадим Степанов подчеркнул, что разработанная система помогает выявить этнос преступника, но при этом нельзя говорить о предрасположенности тех или иных народов к совершению преступлений.

Ученые научились фиксировать ранее неразличимые спиновые состояния

Группа ученых, в состав которой вошли сотрудники Международного томографического центра СО РАН, разработала методику, впервые позволившую явно обнаружить осцилляции синглетных и триплетных состояний электронных пар. Она имеет фундаментальное значение, а также перспективна для исследования и создания элементов органических солнечных батарей и кубитов в квантовых компьютерах. Результаты работы представлены в журнале *Science*.

Чередование синглетных и триплетных состояний электронных пар в состояниях с разделенным зарядом в магнитном поле, похоже, играет в природе важную роль. Так, предполагают, что влиянием геомагнитного поля можно объяснить устройство «компас» перелетных птиц. Международная группа ученых под руководством **Ульриха Штайнера** из Университета Констанца (Германия) и исследователей из Вюрцбургского университета им. Юлиуса и Максимилиана (Германия), а также из Международного томографического центра СО РАН (Новосибирск) впервые смогла явным образом зафиксировать такие чередования (их называют осцилляции).

«Обычным объектом спиновой химии — новой области, одним из основателей которой стал научный руководитель МТЦ СО РАН академик **Ренад Зиннурович Сагдеев**, являются радикальные пары. Они могут образовываться при радиационном или световом воздействии, когда электрон переносится с одной молекулы на другую, в результате чего на каждой из них появляется неспаренный электрон, — рассказывает главный научный сотрудник МТЦ СО РАН доктор физико-математических наук **Никита Николаевич Луксен**. — Магнитное поле способно воздействовать на последующие реакции этих радикалов, называемые рекомбинацией. То есть на обратный перенос электрона с образованием диамагнитных продуктов — молекул, у которых все электроны спарены».

В частности, от магнитного поля зависит скорость обратного переноса электрона. Два радикала с неспаренными спинами могут находиться по отношению друг к другу в синглетном или триплетном состоянии. В первом случае направление спина на одном радикале противоположно направлению спина на другом, а в триплетном спины радикалов параллельны. Взаимодействуя с магнитными полями и магнитными ядрами, радикалы могут изменять взаимную ориентацию спинов, то есть переходить из одного состояния в другое.

Ученые из Вюрцбургского университета синтезировали так называемые триадные молекулы, состоящие из донора электронов, жесткого молекулярного мостика и акцептора электронов. После возбуждения донор отдает свой электрон акцептору. В обычном земном магнитном поле время жизни такой радикальной пары составляет около 0,5 микросекунды и завершается обратным переносом

электрона. Но уже при магнитном поле 2 Тл время ее жизни увеличивается в 80 раз, то есть возрастает до 40 микросекунд. Это позволяет ученым исследовать, какие процессы происходят в молекуле после образования состояния с разделенным зарядом до момента его исчезновения (рекомбинации).

«Изменяя магнитное поле, которое управляет переходом из синглетного состояния в триплетное, можно воздействовать на процесс рекомбинации. С помощью двух импульсов света нам удалось увидеть происходящие осцилляции населенности этих состояний, имеющие квантовую природу», — рассказывает Никита Луксен.

В новой работе ученые создали метод, позволяющий считывать соотношение синглет/триплет в определенные моменты времени. Вначале лазерный импульс накачки инициирует перенос электрона от донорной молекулы к акцепторной. Это приводит к состоянию с разделенным зарядом с синглетным суммарным спином. Через некоторое время подается второй лазерный импульс. Он заставляет систему перейти в еще более возбужденное состояние радикалов. Оттуда она чрезвычайно быстро (намного быстрее частоты синглет-триплетных переходов) частично возвращается обратно, но с разной долей для синглета и триплета, а частично переходит в диамагнитные состояния. Это позволяет измерить долю триплетного и синглетного состояний, которая была в момент приложения второго импульса, и таким способом обнаружить их колебания.

Именно эти колебания представляют основной интерес для ученых. Впервые их обнаружил академик **Юрий Николаевич Молин** вместе со своими сотрудниками — колебания проявлялись при радиационном воздействии на неполярные растворы. Но до исследования, описанного в этой статье, никому не удавалось зафиксировать такие осцилляции в фотохимических экспериментах, где образование радикальных пар происходит при световом воздействии на молекулярные системы.

Изучая такие биения, можно понять, как создавать и обнаруживать когерентность, присущую всем квантовым явлениям.

Именно когерентность является основой для квантового компьютера. Кроме того, принцип, позволяющий управлять фоторазделением зарядов, в будущем может применяться при создании фотоэлементов для солнечной энергетики (фотовольтаики).

Гиперполяризация в переключаемых полях

В другом проекте ученые МТЦ СО РАН исследуют ядерную спиновую гиперполяризацию в многократно переключаемых полях. Он направлен на развитие методов спиновой гиперполяризации для значительного повышения чувствительности ядерного магнитного резонанса (ЯМР). Проект под руководством приглашенного профессора **Джеффри Боденхаузена** (Франция, Нидерланды) поддержан мегагрантом Минобрнауки РФ.

Здесь развиваются новые подходы для целенаправленного манипулирования неравновесной спиновой гиперполяризацией с помощью изменения магнитных полей. В том числе ученые исследуют способы переноса поляризации на целевые группы спинов и методы эффективного сохранения спинового порядка.

«Радикальные пары бывают жесткими и подвижными. У жестких пар два неспаренных электрона соединены каркасом молекулярных химических связей. Такие радикальные пары могут быть помещены в наноконтейнер или молекулярно-организованную среду, которая препятствует их диффузионному разделению и позволяет дольше сохранять электронную спиновую корреляцию. В свободных радикально-парных системах расстояние между электронными центрами может изменяться со временем, но их спиновая корреляция при этом быстро разрушается», — рассказывает заведующая лабораторией фотохимических радикальных реакций доктор физико-математических наук **Александра Вадимовна Юрковская**.

Для создания методов управляющего воздействия магнитного поля на молекулярные системы, перспективные для фотовольтаики, исследователи изучают ядерную поляризацию в жестко связанных системах, состоящих из донора, связующего мостика и акцептора электрона.

Молекулы, с которыми работают ученые, имеют высокий потенциал для создания на их основе новых возобновляемых



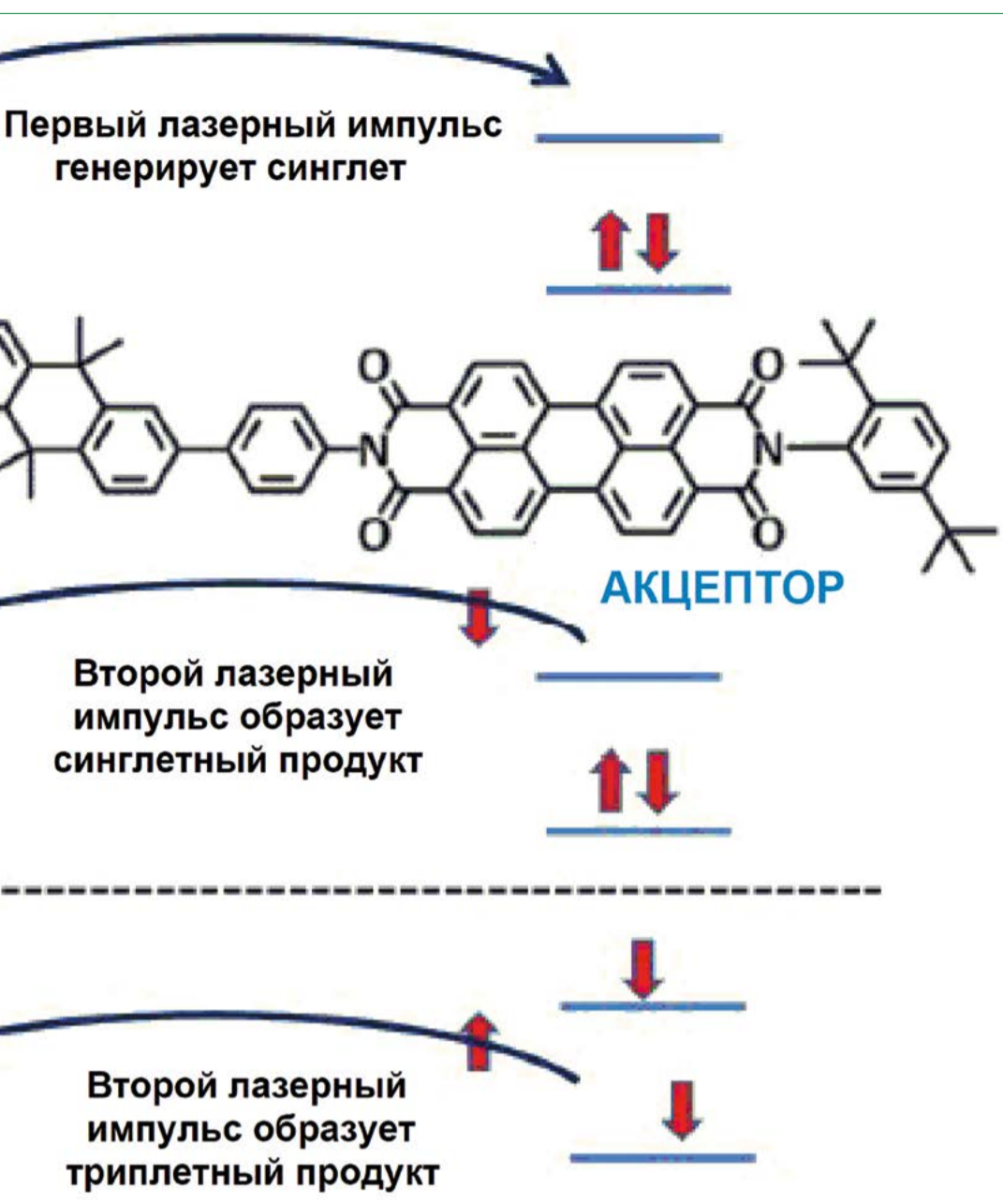
источников энергии с использованием солнечного света.

«Измеряя зависимость формирования ядерной поляризации от магнитного поля, можно получить данные об обменном взаимодействии между электронами в короткоживущих радикальных парах и бирадикалах. В частности, мы изучаем влияние структуры мостика на распределение заряда и спиновой плотности с атомным разрешением. Получить такие данные другими способами невозможно. Нам помогает то, что ядерная спиновая поляризация, которая формируется за нано- или микросекунды, разрушается в продуктах реакции намного дольше, в течение нескольких секунд. Этого времени релаксации уже достаточно для регистрации поляризации спинов ядер методом ЯМР», — отмечает исследовательница.

Оказалось удобным создавать ядерную поляризацию, просто облучая вещество светом. При этом происходит внутримолекулярный перенос электрона от донора к акцептору. Воздействуя на эти процессы магнитным полем, можно сделать поляризацию особенно сильной.

«Хотя слабые магнитные спиновые взаимодействия на много порядков меньше энергии теплового движения молекул (за свою малую величину они даже называются сверхтонкими), их роль в химической реакции аналогична небольшому ключику, который открывает замок на закрытой двери», — говорит Александра Юрковская.

Для того чтобы проводить эксперименты с динамической поляризацией спинов ядер с варьированием магнитного поля, ученые МТЦ сконструировали специальную установку. Ее работа построена следующим образом: сначала в сильном поле убирается вся намагниченность, за-



тем образец переносится оттуда в слабое магнитное поле и в нем с помощью различных методов создается поляризация. Например, для запуска фотореакции образец облучается светом. Также возможно подавать параводород для каталитического гидрирования субстратов или их обратимого связывания с катализатором, чтобы переносить поляризацию, запасенную в параводороде, на другие ядра-мишени.

Затем ампулу с образцом перемещают в такое магнитное поле, в котором можно эффективно перенести поляризацию протонов на другие ядра. После образец возвращают обратно в сильное поле ЯМР-спектрометра и там записывают спектр ЯМР со спиновой поляризацией. В установке МТЦ СО РАН можно создавать и варьировать магнитное поле на девять порядков: от 10 Тл до 5 нТл.

Этот метод позволяет изучать движение спинов в ультраслабом магнитном поле. Здесь время жизни состояния с разделенными зарядами можно увеличить до 100 раз, что дает возможность исследовать его наиболее подробно.

Так, ученые создали программу для моделирования процесса спин-зависимой рекомбинации радикальных пар. С ее помощью на основе экспериментальных данных о ядерной поляризации магнитного изотопа углерода ^{13}C они смогли построить карту распределения сверхтонкого взаимодействия спинов протонов и неспаренного электрона по большой парамагнитной молекуле в состоянии с переносом заряда.

«На создание таких высокочувствительных методов направлен наш мегагрант. Химически индуцированная динамическая поляризация спинов ядер позволяет изучать короткоживущие радикальные промежуточные частицы, которые практически невозможно зарегистрировать другими методами. Она является ценным дополнением к ставшим традиционными методам электронного парамагнитного резонанса. Применяя их вместе, можно

получить полную картину того, как происходит быстрая химическая реакция и какие взаимодействия, чувствительные к воздействию магнитного поля, ей управляют», — говорит директор МТЦ СО РАН доктор физико-математических наук, профессор РАН **Матвей Владимирович Федин**.

В перспективе установка МТЦ СО РАН позволит создать более эффективные методы генерации ядерной поляризации, которые, в свою очередь, повысят информативность магнитно-резонансной томографии. Это будет полезно для организации быстрого скрининга лекарств в фармацевтических приложениях, а также даст возможность следить за процессами, происходящими в реальном времени в раковых опухолях.

Есть планы применять ядерную гиперполяризацию таких молекул, метаболические превращения которых происходят при некрозе раковых тканей. Тогда с помощью МРТ можно будет следить, где именно локализована злокачественная опухоль и как она меняется под воздействием лекарственных препаратов.

Получению результатов мирового уровня в области спиновой химии, опубликованных в высокорейтинговых научных изданиях, способствовала всесторонняя поддержка Министерства науки и высшего образования РФ (инициация крупных научных проектов в 2020 году, программа мегагрантов с приглашением ведущих мировых ученых). Исследователи уверены, что полученные фундаментальные заделы в области спиновой химии найдут применение в практических приложениях химии, физики, биологии и медицины.

Диана Хомякова
Иллюстрация предоставлена МТЦ СО РАН

Первая оценка пресноводного планктона в озерах за полярным кругом показала его высокое разнообразие в Российской Арктике

Международная группа ученых Арктического совета по сохранению арктической флоры и фауны (CAFF) проанализировала предоставленные странами-участницами данные по биоразнообразию планктонных водорослей и мелких ракообразных в более чем 300 больших и малых озерах Арктики. Наибольшее видовое богатство и разнообразие зоопланктона и фитопланктона обнаружено во внутренних районах Арктической России и Скандинавии. Статья опубликована в специальном выпуске журнала *Freshwater Biology*.

Арктика — один из регионов, где климат меняется стремительно. В связи с быстрым потеплением в северных широтах в ближайшие десятилетия ожидается рост экономической активности, которая приведет к повышенной нагрузке на ранее нетронутые экосистемы. В частности, под угрозой находятся многочисленные в этом регионе пресные озера. Основа озерной экосистемы — это находящиеся в толще воды микроводоросли и рачки.

Они приспособляются к текущим условиям и отражают историю развития водоема, очищают воду, служат кормом для рыб. Можно сказать, что от их обилия и разнообразия зависит здоровье озера. Уменьшение биологического разнообразия или его резкое изменение рассматривается как угроза жизни водоема и часто приводит как минимум к временному ухудшению качества воды или потере каких-либо ценных свойств. Однако точных оценок разнообразия планктона и уже возможно наблюдаемых в нем изменений в этом огромном и удаленном регионе пока нет.

Команда гидробиологов из стран, расположенных по всей Арктике (США, Канада, Дания, Исландия, Норвегия, Швеция, Финляндия и Россия), в состав которой вошли ученые ФИЦ «Красноярский научный центр СО РАН», впервые собрала и проанализировала данные последних лет по составу планктона различных озер. Основной целью исследователей была ревизия имеющихся наблюдений и формулировка задач для будущего мониторинга. Это крайне важно, поскольку необходимо знать, как реагируют арктические экосистемы на потепление климата и воздействие хозяйственной деятельности человека.

Ученые оценили разнообразие видов планктона и его связь с климатическими факторами для различных арктических регионов. В частности, Россия была представлена экологическими зонами Северо-Западной и Центрально-Сибирской тундры, Новой Земли, Таймыра, арктической пустыни острова Врангеля, экосистемами Камчатки и Курил. Данные предоставили ученые Института биофизики ФИЦ КНЦ СО РАН, Института биологии Коми НЦ УрО РАН, Сибирского федерального и Московского государственного университетов.

Наиболее высокое видовое разнообразие планктона было зафиксировано во внутренних регионах России, Скандинавии и арктического побережья Аляски и Канады. Самое низкое, связанное с географической изолированностью, — на островах и полуостровах. Разнообразие зоопланктона в высоких широтах Арктики оказалось ниже по сравнению с более южными нижней и Субарктикой. А вот для

микроводорослей такая географическая зависимость практически не наблюдалась. Для них, как и для рачков, наибольшее влияние на разнообразие оказывал климат, а именно летняя температура воздуха и количество осадков. Разнообразие было выше там, где теплее и больше влаги, но для зоопланктона положительное влияние температуры уменьшалось с продвижением на север, к высокой Арктике, что связано с меньшими колебаниями температуры там и изолированностью островов.

Хотя ученые собрали все доступные данные, их оказалось недостаточно, чтобы понять, как на разнообразие планктонных организмов повлияла история расселений после последнего ледникового периода и другие важные факторы. Для более детального анализа требуется больше данных, в частности наблюдений за озерами, равномерно рассредоточенными по Арктике. На данный момент знания об этом регионе фрагментарны. К примеру, в анализе фитопланктон из всей России был представлен только данными ученых из Красноярска, охватывающими лишь два экорегиона.

Исследователи уверены, что в различных лабораториях или у отдельных исследователей могут быть пока не известные широко данные о разнообразии водных организмов. Для сбора информации и более точной оценки заполярного озерного биоразнообразия Арктический совет по сохранению арктической флоры и фауны создал ресурс Arctic Biodiversity Data Service (ABDS), куда можно загрузить свои данные, сохранив при этом все авторские права на них. Есть надежда, что это будет способствовать мониторингу в будущем и позволит уточнить оценку биоразнообразия водных организмов в арктических озерах с более высоким региональным разрешением.

«Наши результаты предполагают, что сообщества озерного планктона различаются по всей Арктике, даже в пределах климатически сходных регионов, и это различие связано с обнаружением новых и разных видов среди озер. Отсюда следует важный методический вывод: разнообразие планктона арктических озер не может быть хорошо описано при отборе проб на небольшом количестве водоемов, так как состав сообществ может значительно различаться между озерами, и полные наборы видов для региона могут быть получены только при обследовании большего числа озер. Следовательно, при проведении исследований в Арктике необходимо отбирать пробы не на одном озере, а на нескольких, охватывая озера разных типов и размеров. В современных условиях быстрого изменения климата, усиления человеческой деятельности и потенциального проникновения в уникальные экосистемы чужеродных видов назрела необходимость организации под эгидой государства масштабного и регулярного мониторинга биоты по всей Российской Арктике», — подчеркнула одна из авторов исследования ведущий научный сотрудник Института биофизики ФИЦ КНЦ СО РАН профессор Сибирского федерального университета, доктор биологических наук **Ольга Петровна Дубовская**.

Группа научных коммуникаций
ФИЦ КНЦ СО РАН

Геофизики создают карту распределения сейсмических шумов для ЦКП СКИФ

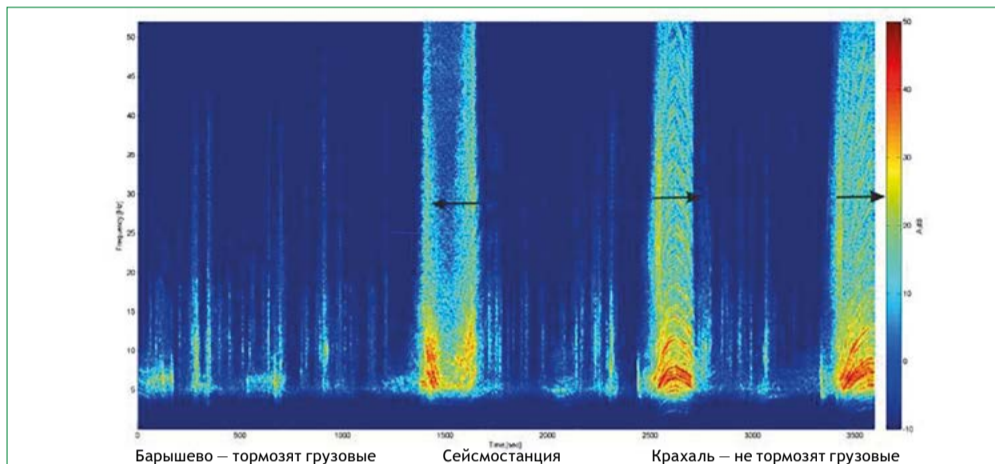
Институт ядерной физики им. Г. И. Будкера СО РАН, Институт нефтегазовой геологии и геофизики им. А. А. Трофимука СО РАН и Алтае-Саянский филиал ФИЦ «Единая геофизическая служба РАН» ведут совместную работу по измерению уровня сейсмических шумов на ускорительном комплексе Центра коллективного пользования «Сибирский кольцевой источник фотонов».

Специальная система сейсмического мониторинга фиксирует любые, даже самые мельчайшие, изменения вибрационного фона, чтобы в дальнейшем можно было учитывать эти данные при проведении экспериментов. Тестовые измерения произведены на коллайдере ВЭПП-4М и непосредственно на площадке строительства СКИФа. В данный момент несколько сейсмических станций работают на территории, прилегающей к объекту.

«Ускорители заряженных частиц в силу своих параметров очень чувствительны к любым возмущениям внешней среды, например они хорошо видят землетрясения. По сути, это своеобразные сейсмографы, только очень большие и дорогие. Комплекс СКИФ – не исключение. Из-за того, что размер пучка в ускорителе совсем маленький, то есть частицы в пучке сильно сконцентрированы, любые возмущения почвы будут на нем сказываться. Например, где-то проедет поезд и раскачает грунт, вибрация вызовет колебания в несколько миллиардов раз меньше метра, но это может существенно изменить параметры пучка», – прокомментировал научный сотрудник ИЯФ СО РАН Григорий Николаевич Баранов.

Если источник синхротронного излучения начнет колебаться, его эффективный размер – пятно, которое он будет засвечивать, – увеличится. Это приведет к тому, что параметры излучения изменятся, они будут уже не такими точными, как требуется. Именно поэтому важно знать, какой вибрационный фон будет присутствовать на экспериментальной площадке. Эти данные необходимо учитывать уже на этапе строительства объекта, чтобы понимать, какой силы должна быть система подавления колебаний.

«Мы хотим, чтобы у нас действовала полноценная система подавления, как на крупных зарубежных установках, к примеру на Большом адронном коллайдере в ЦЕРНе или источнике СИ ESRF во Франции. Пользуясь опытом наших коллег-геофизиков, можно уже сейчас задуматься над тем, чтобы после завершения строи-



Сигналы движения поездов

тельства и запуска в эксплуатацию комплекса СКИФ у нас была налажена некая система сейсмического мониторинга. Для этого по всей площадке, где расположена установка, нужно разместить сейсмические датчики. Даже если в нескольких километрах пройдет поезд, эти датчики будут фиксировать сейсмические волны. Если эти волны будут чрезмерны, конечный пользователь установки сможет попросту выкидывать побочные данные из эксперимента. Либо система заблаговременно, по принципу обратной связи, сама будет вносить правки в движение пучка заряженных частиц, тем самым стабилизируя его, чтобы любое внешнее возмущение отрабатывалось правильным образом», – сказал Григорий Баранов.

Для предварительных замеров использовалось оборудование ИНГГ СО РАН: специальные датчики (сейсмометры) фиксировали колебания грунта и записывали их на сейсмический регистратор, состоящий из аналогового цифрового преобразователя, системы привязки к точному времени по GPS, Wi-Fi-модуля для передачи данных на компьютер и других элементов.

«С помощью этих устройств на площадке строительства СКИФ мы производили одновременную запись примерно в 20 различных точках. То есть нам понадобилось не менее 20 сейсмометров. Нашей целью было определить уровень и частотный состав сейсмических коле-

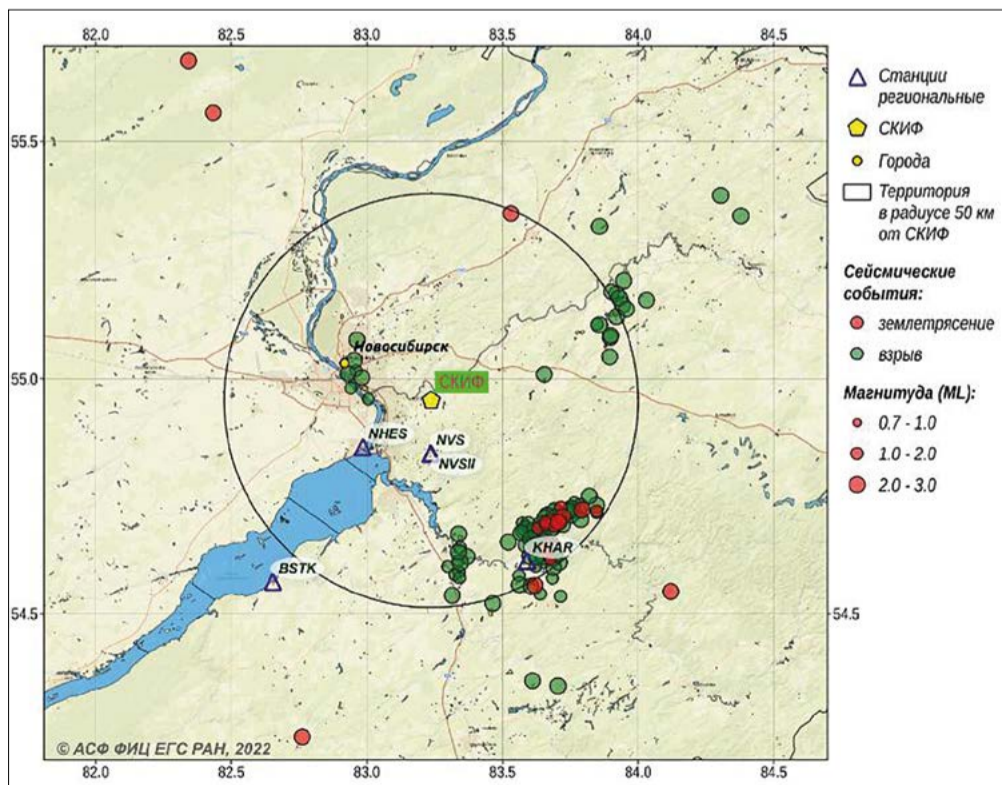
баний от техногенных источников (автомобилей и поездов), чтобы минимизировать их воздействие на стройплощадку. Измерив в каждой отдельно взятой точке уровень шума от транспорта, курсирующего в пределах нескольких километров, мы определили, допустимый это уровень шума (в пределах нормы – смещения порядка 50 нанометров). На основе полученной информации составлены карты распределения шумов по площадке для различных интервалов времени (день/ночь, рабочие/нерабочие часы и так далее). Время – важный фактор, поскольку в различные интервалы времени уровень шумов также будет изменяться», – прокомментировал научный сотрудник ИНГГ СО РАН Пётр Александрович Дергач.

Кроме того, ИЯФ СО РАН заключил контракт на проведение геофизических измерений с ФИЦ ЕГС РАН. «Мы ведем наблюдения с начала ноября, – рассказал заместитель директора по научной работе Алтае-Саянского филиала ФИЦ ЕГС РАН кандидат геолого-минералогических наук Алексей Александрович Еманов. – Вокруг СКИФа установлено пять сейсмостанций с оборудованием высочайшего класса. Изначально планировалось больше, но, поскольку на площадке уже началась работа по зачистке территории (выпиливание деревьев, снятие грунта), было принято решение выбрать несколько точек по периметру: со стороны ликеро-

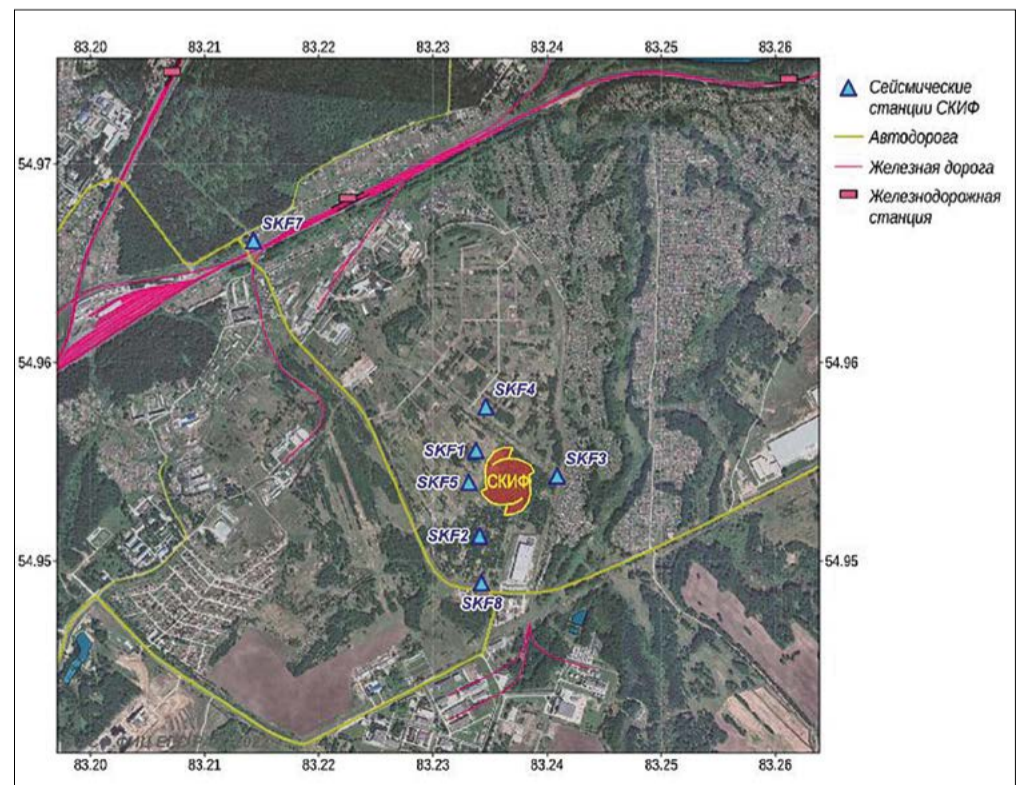
водочного завода, автотрассы и железной дороги. Также был установлен ряд станций в дальнем окружении площадки. На ближайшей станции РЖД мы получили расшифровку списка поездов, чтобы можно было посмотреть, что это за типы составов, в какое время и в каком направлении они движутся. С помощью сейсмометров мы фиксируем характерные сигналы и оцениваем их интенсивность. Сейчас по записям сейсмических станций в районе площадки СКИФ можно однозначно сказать, какие поезда проходят на ближайшей станции и даже в каком направлении».

Специалисты ФИЦ ЕГС РАН используют несколько типов оборудования, в частности аналоговые датчики и цифровые регистраторы, которые делают оценку событий и записывают их в память компьютера в виде цифровых отчетов. Привязка ко времени производится с помощью приемников GNSS (спутниковой системы навигации). Эти приемники измеряют время с точностью до 10^{-8} секунды. Диапазон измерений, выставленный специалистами ФИЦ ЕГС РАН по техническому заданию, – от 2 до 100 Герц. Однако возможности геофизического оборудования гораздо шире – несколько из работающих станций представляют собой широкополосные высокоточные приборы, которые позволяют фиксировать колебания фактически от 0,01 Герц с периодом 120 секунд. Это помогает уловить даже далекие землетрясения.

«Когда происходит сейсмическое событие, например землетрясение, есть некоторый спектр энергии, который излучается из очага. Зачастую бывает, что локальные грунтовые условия начинают реагировать на колебания. В строении верхней части разреза есть коренные породы, более плотные, и относительно рыхлый осадочный слой, который лежит сверху (глина). В этом осадочном слое максимум энергии передается из высокоскоростной среды, из коренных пород, в низкоскоростную среду, в осадочные породы, которые становятся своеобразной ловушкой для сейсмических волн. Здесь



Карта СКИФ с обозначением сейсмических событий



Карта СКИФ с обозначением сейсмостанций

Мухи, мутации и прыгающие гены

Мутации – естественный биологический процесс, который идет в каждом геноме независимо от наличия вредных химических или физических воздействий. Более того, новый генетический материал внедряется в геномы на глазах одного поколения исследователей и вносит свой вклад в мутационный процесс. Изучением влияния мобильных генетических элементов на мутационный процесс и физиологические характеристики дрозофилы занимаются сотрудники лаборатории молекулярной генетики насекомых ФИЦ «Институт цитологии и генетики СО РАН». Результаты опубликованы в журналах *Insects*, «Генетика», «Вавиловский журнал генетики и селекции».

Прыгающие гены и мода на мутацию

Дрозофила, или плодовая (винная) мушка, является модельным объектом в научных работах по генетике и другим разделам биологии с начала XX века. Исследования на дрозофиле лежат в основе представлений о базовых генетических понятиях: о природе гена, поведении хромосом при делении клеток, механизмах мутагенеза, мобильных генетических элементах и так далее. Эксперименты на плодовых мушках помогают оценить мутагенность химических соединений как потенциальных лекарственных препаратов.

Дрозофила была первым видом животного, в геноме которого в 1976 году советские ученые обнаружили мобильные генетические элементы, способные менять свое положение на хромосомах. Существование прыгающих генов было предсказано Барбарой Макклиток на кукурузе еще в 1951 году (спустя три десятилетия она получила за это открытие Нобелевскую премию). Также гены циркадного (суточного) ритма были обнаружены сперва на дрозофиле (Нобелевская премия по физиологии и медицине 2017 года) и только потом у человека.

В 1960-х доктор биологических наук Раиса Львовна Берг и другие представители новосибирской школы популяционной генетики показали, что мутационный процесс в природных популяциях *Drosophila melanogaster* неравномерен. Ученые обнаружили периоды повышенной концентрации по ряду генов, так называемые периоды моды на мутации: yellow (желтое тело), white (белые глаза), singed (загнутые щетинки), abnormal abdomen (ненормальное брюшко). Выделяемые при этом аллели некоторых генов были нестабильны, что указывало на причастность мобильных генетических элементов (МГЭ) к индукции этих мутаций – мутагенезу.

В 2007 году доктор биологических наук Михаил Давидович Голубовский вместе с коллегами описал моду на желтое тело для природной популяции *Drosophila melanogaster* города Умань. Предполагалось, что большое количество мутантов (до 3 % особей) по гену yellow в популяции появилось в результате вспышки мутабельности в этом гене. В исследованиях под руководством профессора Ильи Кузьмича Захарова сотрудники ИЦиГ СО РАН показали, что мода на мутацию в природной популяции *Drosophila melanogaster* по определяющему цвет тела гену yellow была обусловлена распространением в популяции инверсии регуляторной части этого гена между двумя соседними мобильными элементами.

«Нам удалось выяснить, что в исследуемой популяции один из многочисленных мобильных генетических элементов, последовательность под названием hobo (бродяга), внедрился в регуляторную зону гена yellow, но до поры до времени никак не сказывался на его работе, вторая копия hobo-элемента была расположена по соседству в межгенном пространстве, – объяснила старший научный сотрудник



Дрозофила

лаборатории молекулярной генетики насекомых ИЦиГ СО РАН кандидат биологических наук Людмила Павловна Захаренко. – Рекомбинация между соседними разнонаправленными hobo-элементами развернула регуляторную часть гена на 180 градусов, нарушила его нормальную работу и привела к появлению мутантного фенотипа. Образовавшая инверсия распространилась в популяции и сделала желтый цвет тела дрозофил модным. Мутанты были генетически нестабильными: среди их потомков с большой частотой наблюдали возврат к нормальному фенотипу, а среди нормальных потомков в следующем поколении опять появлялись мутанты по этому же гену. Нестабильность мутации определялась очередной рекомбинацией между копиями мобильного элемента, то возвращающей регуляторную зону в исходное состояние, то опять ее разворачивающей».

Спонтанный мутационный процесс идет непрерывно, является неотъемлемой частью состояния генома. Это свойство всего живого, от вируса до человека. Для дрозофилы частота спонтанного мутирования составляет величину порядка 10^{-5} – 10^{-6} на геном за поколение. Другими словами: в каждом следующем поколении появляется несколько новых мутаций и столько же теряется. Частота мутирования зависит от внешних воздействий и, как в рассматриваемом случае, от внутренних факторов (структуры генома). Кроме того, частота рекомбинаций между разными последовательностями ДНК может увеличиваться у гибридов, при повышении температуры содержания и под влиянием других факторов.

Внутривидовой гибридный дисгенез и горизонтальный перенос генов

Дрозофила продолжает занимать центральное место в современных исследованиях. У разных видов растений и животных транспозоны и повторенные последовательности ДНК занимают значительную часть генома. Большая часть прыгающих генов – эволюционный балласт, оставшийся после столкновения или коэволюции вида с вирусами, ассимилированными в геном, или как результат горизонтального переноса генетического материала (не от родителей к детям, а между соседями и даже за счет межвидового обмена).

Например, так называемый P-элемент появился в геноме *Drosophila melanogaster* в середине прошлого века как результат горизонтального переноса из генома *Drosophila willistoni* и распространился по всем популяциям этого вида. В геноме *Drosophila simulans* этот мобильный генетический элемент (МГЭ) появился всего лишь чуть больше десяти лет назад путем горизонтального переноса из генома *Drosophila melanogaster*. Появление новых мобильных элементов в геноме дрозофилы связывают со стерильностью внутривидовых гибридов, полученных от скрещивания самцов, имеющих в геноме этот МГЭ, с самками, которые его лишены. Считается, что массовое перемещение МГЭ в одном из направлений скрещивания вызывает большое количество мутаций, приводящих к бесплодию.

«Мы показали, что у бесплодных дисгенных самок дрозофилы, где, согласно гипотезе, новые МГЭ должны активно перемещаться и вызывать бесплодие, сон не нарушен, хотя активность снижена, в отличие от плодовых самок с тем же набором генов (другое направление скрещивания), – рассказала Людмила Захаренко. – Правда, для индукции бесплодия, кроме предполагаемого перемещения МГЭ, необходимо еще, чтобы развитие потомства проходило при повышенной температуре. Может быть, дело вовсе не в МГЭ, учитывая, что геном дрозофилы насыщен доброй сотней разных семейств МГЭ, в том числе активных, а в генетической дистанции между родителями, которая проявляется в виде бесплодия на фоне неблагоприятных условий среды».

Как сказывается появление нового МГЭ на других жизненно важных параметрах вида (длительность жизни, активность и так далее), до сих пор изучено плохо. В ИЦиГ СО РАН имеется большая коллекция линий дрозофил разных видов, выделенных в разные годы из разных популяций мира сотрудниками института. Есть линии дрозофил, выловленные из природы раньше, чем P-мобильный элемент обнаружили в геноме упомянутых видов дрозофил. В настоящее время сибирские биологи пытаются выяснить, как появление нового мобильного элемента сказывается на длительности жизни, плодовитости, локомоторной активности и других физиологических характеристиках. «Нам предстоит понять, насколько значима для вида инвазия в геном новых активных прыгающих генов. Поскольку новый МГЭ быстро распространяется по популяциям всего мира. Скорее всего, его влияние невелико, несмотря на то, что он считается индуктором гибридного дисгенеза. А может быть, даже его воздействие благотворно, поскольку новый активный МГЭ может способствовать повышению генетического разнообразия. Истинную причину дисгенных событий возможно будет вскрыть с использованием современных методов исследований», – сообщила Людмила Захаренко.

**АКАДЕМИК НИКОЛАЙ ВЛАДИМИРОВИЧ СОБОЛЕВ
(28.05.1935 – 25.03.2022)**

Официальное издание
Сибирского отделения РАН

Учредитель –
Сибирское отделение РАН

Главный редактор –
Елена Владимировна Трухина

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 можно найти в НГУ, НГТУ и в VIP-зале аэропорта «Толмачёво».

Адрес редакции, издательства:
Россия, 630090, г. Новосибирск,
проспект Академика Лаврентьева, 17.
Тел.: 238-34-37.

Мнение редакции может
не совпадать с мнением авторов.
При перепечатке материалов
ссылка на «НвС» обязательна.

Отпечатано в типографии
ООО «ДЕАЛ»: 630033, г. Новосибирск,
ул. Брюллова, 6а.

Подписано к печати: 29.03.2022 г.
Объем: 2 п. л. Тираж: 1 400 экз.
Стоимость рекламы: 80 руб. за кв. см.
Периодичность выхода газеты –
раз в неделю.

Reg. № 484 в Мининформпечати
РСФСР от 19.12.1990 г., ISSN 2542-050X.
Подписной индекс 53012
в каталоге агентства «Урал-Пресс».

E-mail: presse@sb-ras.ru,
media@sb-ras.ru
Цена 13 руб. за экз.

© «Наука в Сибири», 2022 г.

ВАКАНСИЯ

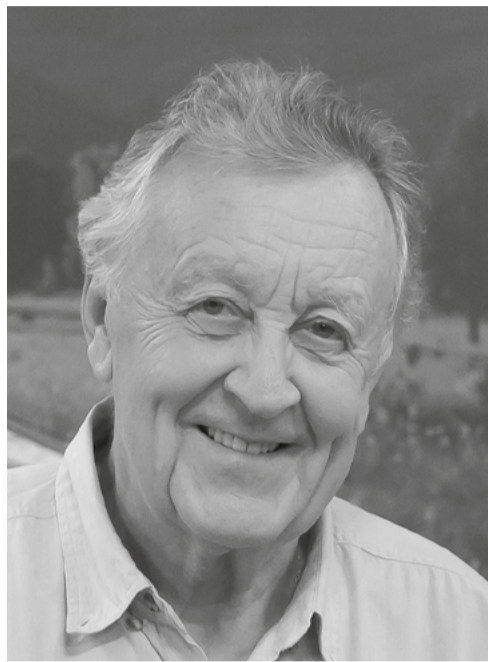
Ищем журналиста
в издание «Наука в Сибири»
Требования к кандидату:

человек с высшим образованием, который хотел бы улучшать и развивать вместе с нами «Науку в Сибири», рассказывать о том, чем занимаются ученые. Вы должны быть любознательным и дотошным (в хорошем смысле). У вас должно быть или профильное образование по журналистике, или опыт работы в этой сфере.

Необходимые навыки:

нужно уметь писать тексты на разные темы, связанные с наукой, примерно по два-четыре текста в неделю в зависимости от объема и сложности. Плюсом будет умение фотографировать.

Условия: полный рабочий день, белая зарплата, оплачиваемые отпускные и больничные. Зарплата средняя по рынку. Вопросы и резюме с портфолио присылайте на e-mail: media@sb-ras.ru.



25 марта 2022 года на 87 году жизни после болезни скоропостижно скончался ученый с мировым именем **Николай Владимирович Соболев**. Он входит в число ведущих специалистов мира в области петрологии и минералогии глубинных зон литосферы, метаморфизма сверхвысоких давлений, геологии алмазных месторождений и являлся признанным лидером этих направлений в России.

Николай Владимирович родился 28 мая 1935 года в Ленинграде. В 1958 году он окончил геологический факультет Львовского государственного университета. С 1960 года вся жизнь академика Н. В. Соболева связана с Сибирью. Перевод Николая Владимировича Соболева из Львовского университета на работу в Институт геологии и геофизики АН СССР 25 мая 1960 года по приказу академика А. А. Трофимука состоялся всего на три дня раньше его дня рождения. С этого времени прошло 62 года, однако первое знакомство с Якутией, где в 1955 году были открыты уникальные месторождения алмазов, состоялось намного раньше, в 1956 году, после окончания им третьего курса университета. Вместе с несколькими однокурсниками Н. В. Соболев оказался на производственной практике сроком на пять месяцев, с начала июня до конца октября, то есть от конца одной зимы до устойчивой следующей зимы (-40 °С), в должности коллектора знаменитой партии № 132, за год перед этим открывшей трубку «Мир». Так что первый полевой сезон в качестве сотрудника ИГиГ СО АН СССР в 1963 году с работой на трубке «Обнаженная» уже не был чем-то необычным, хотя и проходил в более высоких широтах, в далеком Заполярье, выше 70° с. ш. Следующим полевым сезоном была работа в районе Северного полярного круга на кимберлитовой трубке «Загадочная» в 1965 году. Итогом полевого сезона явился сбор представительной коллекции уникальных глубинных ксенолитов-гроспидитов, впервые описанных в этой трубке Владимиром Степановичем Соболевым с учениками в качестве новой, неизвестной ранее горной породы еще в 1960 году. Далее был сбор коллекции ксенолитов в карьерах кимберлитовых трубок «Мир» и «Удачная», отбор в специальных фондах ГОХРАН и детальное исследование алмазов с включениями, обработка огромного литературного материала и написание докторской диссертации в 1970 году. Все более поздние полевые сезоны в Якутии, в заполярных широтах, начиная с 1974-го, отражены в двух монографи-

ях, посвященных истории развития ИГиГ СО (АН СССР и РАН), изданных в 2010-м и 2013 году.

Кроме кимберлитов и алмазов, Николай Соболев повышенное внимание уделял изучению метаморфических пород сверхвысоких давлений Кокчетавского массива. В течение ряда лет, начиная с 1987 года, совместно с сотрудниками возглавляемой им лаборатории была опубликована серия работ, поставивших Кокчетавский массив в ряд геологических объектов международного значения.

Следует отметить, что в 1976-м Николаю Владимировичу, которому в то время было 41 год, в составе коллектива авторов во главе с академиком В. С. Соболевым была присуждена высшая награда Советского Союза – Ленинская премия за цикл работ по фациям метаморфизма.

Приоритетные результаты, полученные Н. В. Соболевым, оказали влияние на развитие многих направлений наук о Земле, включая экспериментальные исследования в области высоких давлений и синтеза алмаза. Они стали базой для обоснования Н. В. Соболевым минералогических критериев глубинности в интервале давлений 20–70 кбар и создания комплекса принципиально новых минералого-геохимических методов поиска алмазных месторождений, перспективность которых доказана на примере Сибирской и Восточно-Европейской платформ (вклад в открытие трубки «Юбилейная» и Архангельской алмазоносной провинции). Эти методы широко применяются в мировой практике поисков алмазных месторождений.

Трудно переоценить вклад Н. В. Соболева в налаживание международного сотрудничества. Одним из ярких примеров такого сотрудничества явилась подготовка к участию в 9-й Международной кимберлитовой конференции во Франкфурте (ФРГ) в 2008 году. Николай Владимирович и участники ведущей научной школы РФ «Минералогия, петрология и эволюция глубинных зон континентальной литосферы, условия образования алмазов и их месторождений», основанной его выдающимся отцом, академиком В. С. Соболевым, на этой конференции представили целую серию устных и стендовых докладов от имени Института геологии и минералогии им. В. С. Соболева СО РАН. Итогом и результатом этой конференции, как и многих других крупных научных конференций, явилось издание не только сборника тезисов, но и двух томов престижного международного журнала Lithos издательством Elsevier общим объемом более 1 000 страниц. Одиннадцать статей, составляющих 10 % всего объема журнала, имели адрес ИГМ им. В. С. Соболева СО РАН и были написаны участниками школы, в ряде случаев в соавторстве с зарубежными коллегами.

И кимберлитовая тематика, и проблема метаморфизма сверхвысоких давлений органически вписались в обширную десятилетнюю Международную программу «Глубинный цикл углерода», инициаторами которой явились сотрудники Геофизической лаборатории института Карнеги в Вашингтоне (США) и фонд Слоана (A. Sloan Foundation). Эта многопрофильная программа, была рассчитана на десять лет (2010–2020) и включала в себя, наряду с изучением углерода атмосферы, океана, микроорганизмов и природных углеводородов, также проведение систематических исследований глубинного вещества верхней мантии, вынесенного

кимберлитами на поверхность, особая роль в котором принадлежит алмазам. Эта программа также предусматривала проведение экспериментов в углеродсодержащих системах при сверхвысоких давлениях и расчеты, связанные с возможным присутствием углерода в наиболее глубинных зонах Земли. Проблемы, связанные с зонами субдукции и проявлениями метаморфизма сверхвысоких давлений, находились в центре внимания планируемых исследований, поскольку субдукция представляет собой главный процесс, обеспечивающий поступление углерода в мантию и замыкающий глубинный цикл углерода. Н. В. Соболев был приглашен организаторами программы в начале 2011 года принять участие в работе ее высшего органа – исполнительного комитета, куда вошли научные работники около десяти стран. Начиная с этого времени он выступал в качестве одного из основных организаторов международного семинара в рамках программы «Глубинный цикл углерода», успешно проведенного при поддержке руководства программы осенью 2011-го на Алтае, на базе стационара «Денисова пещера». Однако наиболее существенный вклад в исследования по упомянутой программе был сделан Н. В. Соболевым при организации Международной конференции «Кристаллогенезис и минералогия» в 2013 году в Новосибирске. В этой конференции, благодаря финансовой поддержке программы «Глубинный цикл углерода», смогли принять участие ряд выдающихся зарубежных ученых.

Работы Н. В. Соболева получили широкое международное признание. Он был избран членом Европейской академии, иностранным членом Национальной академии наук США и Национальной итальянской академии наук, почетным членом Российского минералогического общества и ряда зарубежных научных обществ, вице-президентом Международной минералогической ассоциации (ММА) с 1990-го по 1994 год, удостоен премии им. А. Е. Ферсмана РАН и международной премии им. А. фон Гумбольдта. В 2013 году Совет Международной минералогической ассоциации принял решение о присуждении ему медали ММА «За выдающиеся достижения в области минералогических исследований» – главной международной награды в области минералогии.

Н. В. Соболев – лауреат Ленинской и Государственной премий, награжден многими орденами и медалями. Среди учеников Н. В. Соболева два академика РАН и около 30 докторов и кандидатов наук. Важно отметить большую работу Николая Соболева на посту главного редактора журнала «Геология и геофизика», редакционную коллегию которого он возглавлял с 1998-го по 2021 год. Во многом благодаря его усилиям этот журнал стал одним из наиболее известных и высокорейтинговых отечественных научных журналов.

Трудно осознавать, что Николая Владимировича нет с нами. Однако остались его труды, его многочисленные ученики. Светлая память о Н. В. Соболеве навсегда сохранится в наших сердцах.

Академики РАН

В. Н. Пармон, Д. М. Маркович, М. И. Эпов, А. Э. Конторович, Н. П. Похиленко, В. С. Шацкий, член-корреспондент РАН Н. Н. Крук, редколлегия и редакционный совет журнала «Геология и геофизика»



По этой ссылке вы можете присоединиться к нашей группе во «Твиттер»

Сайт «Науки в Сибири»
www.sbras.info