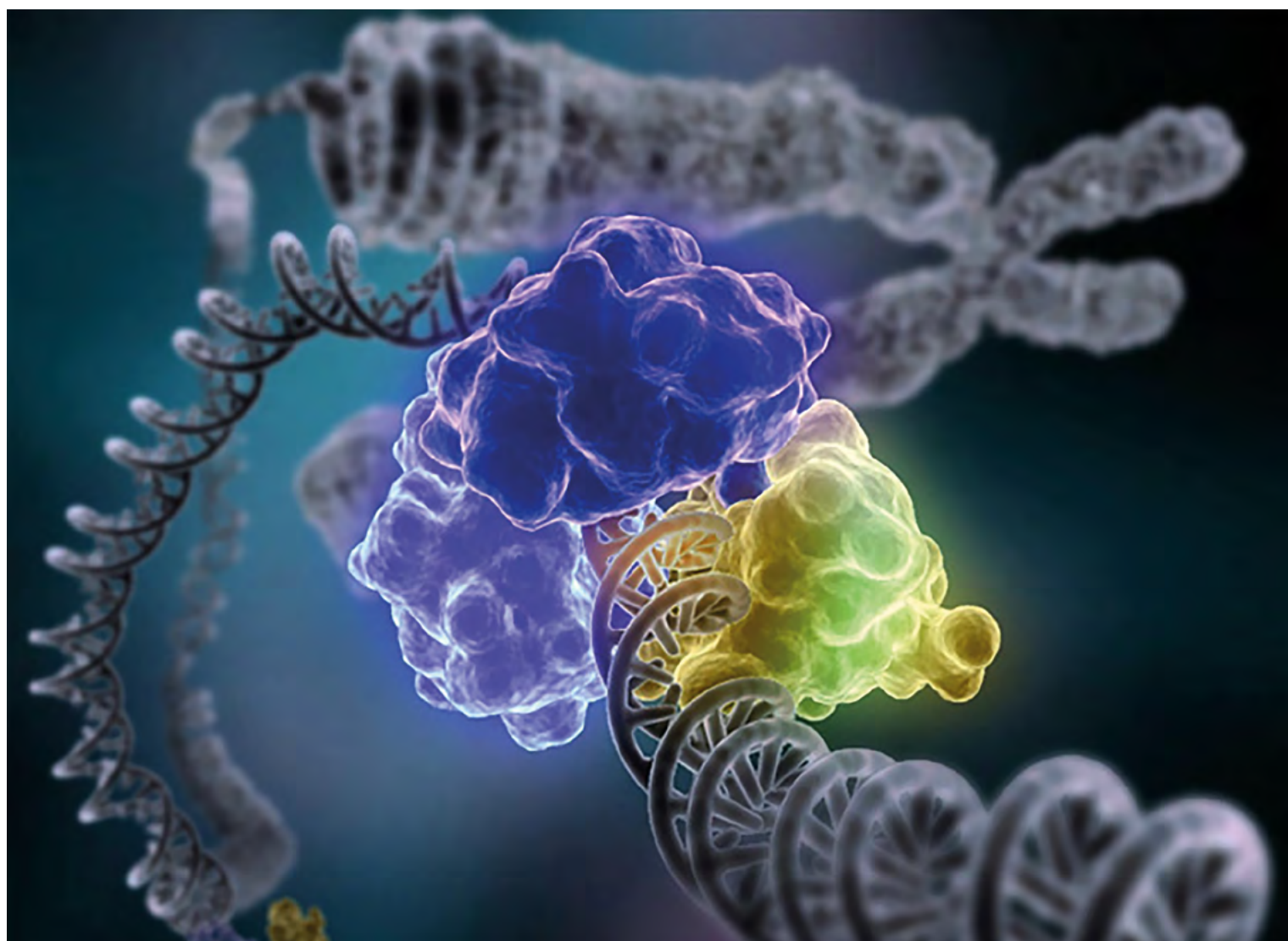




Наука в Сибири

Газета Сибирского отделения Российской академии наук • Издаётся с 1961 года • 25 ноября 2021 года • № 46 (3307) • 12+

Новые открытия в репарации ДНК



Читайте на стр. 5

Официально

Тридцать лет под триколором

21 ноября 1991 года вышел Указ Президента РСФСР № 228 «Об организации Российской академии наук».

С этой даты Российская академия наук была восстановлена в статусе высшего научного учреждения новой России и стала общероссийской самоуправляемой организацией, действующей на основе законодательства РСФСР и собственного устава. РАН выступила основной преемницей Академии наук СССР, соответствующие статусы получили ее региональные отделения. СО АН СССР окончательно и бесповоротно стало СО РАН. Эта аббревиатура с течением времени превратилась в бренд ведущей научно-интеграционной и экспертной организации Востока России.

Прошедшие три десятилетия оказались эпохой драматичных трансформаций в истории новой России, ее Академии наук, Сибирского и иных региональных отделений. Сначала — шоковые экономические реформы, коллапс научных учреждений, массовый отток исследователей за рубеж и в другие сферы деятельности. Затем — относительная стабилизация, планы развития научной деятельности и частичное их осуществление. В 2013–2014 годах состоялась неожиданная и радикальная реформа РАН, почти единствен-

ным позитивным итогом которой можно назвать вхождение в нее медицинского и аграрного направлений. Объединенная Академия получила колоссальный массив наработок, обогатилась мощной экспериментальной и технической базой. С другой стороны, российская аграрная и медицинская наука получили импульс к фундаментальным исследованиям, к междисциплинарной командной работе с использованием новейших методов и современного научного оборудования.

Но в целом реформа РАН привела к атомизации и бюрократизации научно-образовательного процесса, к исчезновению единого организующего центра исследований, постоянным перестройкам и непрекращающейся кампанейщине. В этих условиях Академия повела себя так, как Россия в известном высказывании государственного канцлера **Александра Горчакова**: «Она не сердится, она сосредоточивается». РАН усиливает свои консолидирующие, экспертные, популяризаторские и международно-дипломатические функции. Особенно это заметно на критических направлениях — антиковидном и карбоновом. Следуя новым курсом, Сибирское отделение реализует (хотя не без проблем и препон) план комплекс-

ного развития СО РАН и проект развития Новосибирского научного центра «Академгородок 2.0». В ситуации неожиданного крупного экологического инцидента в Арктической зоне страны СО РАН показало себя квалифицированным «системным интегратором быстрого реагирования», организовав два полевых сезона Большой Норильской экспедиции и решив серьезные практические и научные задачи.

«Российской академии наук предстоит пройти долгий путь возвращения себе статуса ведущей научной организации России», — заявил на днях президент РАН академик **Александр Михайлович Сергеев**. Мы согласны с ним при одной частичной ремарке: чем короче и прямее будет этот путь, тем лучше будет для российской науки и образования, для отечественных разработок и технологий, для престижа и глобальной конкурентоспособности нашей Родины. С юбилеем!

Председатель
Сибирского отделения РАН
академик В. Н. Пармон

Главный ученый секретарь
Сибирского отделения РАН
академик Д. М. Маркович

Новости

Михайлов день отметили в Сибирском отделении РАН

19 ноября в Сибирском отделении РАН возложили цветы к памятнику академику **Михаилу Алексеевичу Лаврентьеву**, а в большом зале Дома ученых СО РАН состоялось посвящение в ФМШата для школьников, поступивших в СУНЦ НГУ этим летом. Церемония проходила без зрителей и с соблюдением противоэпидемических мер.

На церемонии возложения цветов председатель СО РАН академик **Валентин Николаевич Пармон** еще раз подчеркнул важность роли Лаврентьева не только в науке, но и в создании уникального научного сообщества в Сибири: «Не было бы Михаила Алексеевича — не было бы Сибирского отделения, не было бы Академгородка. То, что было сделано — колоссально, и мы все здесь не только гордимся этим, но и сами являемся частью Академгородка. Очень хотелось бы, чтобы наша молодежь, которая учится в школах и Новосибирском государственном университете, знала и всегда чтит имя Михаила Алексеевича Лаврентьева, точно так же, как имя **Михаила Васильевича Ломоносова**».

«Я поздравляю вас с тем, что сегодня вы станете частью сообщества ФМШат. И я рада видеть, что наш план по захвату мира потихоньку исполняется: каждый год мы посвящаем примерно 300 человек в наш несекретный орден, в наше сообщество, которым мы гордимся. И я желаю вам, чтобы сегодня клятва, которую вы произнесете, звучала не только из ваших уст, но и шла от ваших сердец», — приветствовала физматшкольников директор СУНЦ НГУ **Людмила Андреевна Некрасова**.

С поздравлением выступил ректор НГУ академик **Михаил Петрович Федорук**. «По сути, Ломоносов предвосхитил систему непрерывного образования, которая спустя более чем три века была создана в Академгородке **Михаилом Алексеевичем Лаврентьевым**: физматшкола, университет и институты Академии наук», — отметил Михаил Петрович.

«Я думаю, что большинство из вас запомнит время, которое вы провели в физматшколе, как лучшее время своей жизни. И в этом, безусловно, есть вклад и сегодняшнего дня — дня вашего посвящения. Мне хочется вам пожелать радостного, счастливого и запоминающегося посвящения как начала той самой части вашей жизни, которую вы потом будете тепло и с радостью вспоминать. И это будет поддерживать вас во всех трудностях. Удачи вам!» — пожелал ребятам выпускник ФМШ, заместитель председателя СО РАН академик **Павел Владимирович Логачёв**.

Пресс-служба СУНЦ НГУ,
Мария Евдокимова, пресс-секретарь
председателя СО РАН

Кандидату географических наук Владимиру Абрамовичу Фиалкову — 80 лет

Глубокоуважаемый Владимир Абрамович!

Президиум Сибирского отделения Российской академии наук и Объединенный ученый совет наук о Земле СО РАН тепло и сердечно поздравляют Вас с 80-летним юбилеем!

В течение многих лет Вы успешно возглавляли Байкальский музей. Во многом благодаря Вашему организаторскому таланту, профессионализму и творческой энергии в музее созданы уникальные аквариумные установки с живыми организмами Байкала, дендропарк с редкими и исчезающими видами растений Байкаль-

ского региона, виртуальный батискаф, имитирующий погружение на дно Байкала, уникальный проект «Нерпа онлайн», Экологический образовательный центр, открыта новая экспозиция «Развитие жизни в процессе абиотических изменений на Земле». Музей стал единым научно-образовательным комплексом, в год через экспозиции Музея проходит более 150 тысяч человек — величие и уникальность Байкала привлекают в стены музея всё больше и больше посетителей.

Вокруг Вас всегда была команда единомышленников, таких же энтузиастов, готовых вложить все свои силы, знания

и опыт в изучение Байкала. Ваша «водолазная» юность пригодилась Вам на Байкале. Вы работали и с аквалангами, и погружались в байкальские глубины на глубоководных аппаратах. Именно тогда возникла идея создать виртуальный батискаф, спускающийся на дно Байкала.

Надеемся, что Ваши оригинальные идеи по развитию музея и строительству больших аквариумов воплотятся в жизнь. Пусть и в дальнейшем присущие Вам целеустремленность в достижении поставленных целей, жизненная мудрость и оптимизм будут способствовать успехам и процветанию Байкальского музея.

В этот замечательный день желаем Вам, дорогой Владимир Абрамович, чтобы удача, успехи и вдохновение были верными спутниками во всех Ваших начинаниях, а здоровье, счастье и благополучие — в ежедневной жизни!

**Председатель СО РАН
академик РАН В. Н. Пармон**

**Председатель ОУС СО РАН наук о Земле
академик РАН М. И. Эпов**

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

Члену-корреспонденту РАН Николаю Алексеевичу Тестоедову — 70 лет

Глубокоуважаемый
Николай Алексеевич!

Президиум Сибирского отделения Российской академии наук и Объединенный ученый совет СО РАН по нанотехнологиям и информационным технологиям сердечно поздравляют Вас с замечательной датой — 70-летием!

Мы приветствуем Вас, крупного специалиста и ученого в области создания космических аппаратов информационных систем связи и телевидения, навигации и координатометрии, разработчика принципов и методологии их наземной экспериментальной отработки в условиях имитации факторов космического пространства. Обладая высоким уровнем технических и экономических знаний, Вы успешно руководите корпорацией ОАО

«Информационные спутниковые системы» имени академика М. Ф. Решетнёва», развивая научную школу создания современных конкурентоспособных космических аппаратов связи, навигации и координатометрии.

Будучи успешным руководителем и талантливым ученым в области создания космических аппаратов и сложных космических информационных систем, Вы обеспечиваете успешное внедрение и использование научных разработок в высокотехнологичном производстве.

Под Вашим непосредственным научным руководством разработана и внедрена современная высокоэффективная технология производства космического аппарата «Глонасс-М», обеспечивающая беспрецедентный для современной российской космической промышленности

темп выпуска спутников. Это позволяет решить важнейшую государственную задачу восполнения навигационной орбитальной группировки ГЛОНАСС, имеющей для нашей страны большое народнохозяйственное, оборонное и политическое значение.

Вашей большой заслугой является разработка приоритетных направлений науки и техники, способствующих осуществлению российскими организациями существенного научного и технологического прорыва, обеспечению лидерства Российской Федерации в научном мире.

Вы — руководитель, ученый государственного масштаба, обладающий незаурядными организаторскими способностями в сочетании с целеустремленностью и высокой работоспособностью, обеспечиваете грамотное и своевременное при-

нятие решений по ключевым вопросам создания высокотехнологичной продукции мирового уровня.

От души желаем Вам, Николай Алексеевич, воплощения в жизнь всех задуманных планов и начинаний, поддержки коллег, энергии, оптимизма, крепкого здоровья и благополучия Вам и Вашим близким!

**Председатель СО РАН
академик РАН В. Н. Пармон**

**Председатель ОУС СО РАН
по нанотехнологиям
и информационным технологиям
академик РАН Ю. И. Шокин**

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

НОВОСТИ

Академик Гелий Жеребцов избран иностранным членом Китайской академии наук

Научный руководитель Института солнечно-земной физики СО РАН академик **Гелий Александрович Жеребцов** избран иностранным членом Китайской академии наук.

Избрание в Академию — одна из самых высоких почестей, которыми Китай удостоивает гражданина другого государства. Китайская академия наук избирает новых академиков и иностранных членов раз в два года. В настоящее время в Академии насчитывается около 800 академиков — членов КАН и 90 иностранных членов. Иностраным членом КАН может быть избран ученый из любой точки мира при условии, что он внес важный вклад в содействие развитию науки и техники в Китае и обладает высоким академическим авторитетом, признанным на международном уровне.

Гелий Жеребцов руководил Институтом солнечно-земной физики с 1982-го

по 2010 год, в 2010–2015 годах занимал должность советника РАН. С 2015 года по настоящее время является научным руководителем ИСЗФ СО РАН.

Академик Жеребцов — крупный специалист в области солнечно-земной физики, автор более 400 научных работ, в том числе четырех монографий. Его экспериментальные высокоширотные исследования по проблеме ионосферы и ионосферно-магнитосферных взаимодействий внесли большой вклад в развитие теории распространения радиоволн и использовались в решении ряда практических задач в области радиосвязи. Также в сферу его научных интересов входит изучение влияния околоземной плазмы на надежность функционирования космических аппаратов, исследование физических механизмов влияния солнечной активности на эволюцию климата Земли.

Под руководством Гелия Жеребцова создан вошедший в реестр уникальных

научных установок России радар некогерентного рассеяния радиоволн для зондирования верхней атмосферы Земли, Центр космического мониторинга для решения прикладных задач, имеющих важное значение для экономики региона, выполнялись координированные геодинамические, сейсмоэлектромагнитные и сейсмоионосферные исследования в Байкальском регионе в рамках двух междисциплинарных интеграционных проектов СО РАН.

В настоящее время под руководством Г. А. Жеребцова ИСЗФ СО РАН реализует мегапроект по созданию Национального гелиогеофизического комплекса Российской академии наук. Главная задача проекта — комплексное изучение Солнца, включая постоянный всепогодный мониторинг, исследование дальних областей магнитосферы, ионосферы, верхней атмосферы приземного слоя. Создание комплекса выведет на новый уровень изучение околоземного космического

пространства и влияния Солнца на происходящие в нем процессы.

Гелий Александрович Жеребцов входит в Международный геофизический союз, является членом рабочих комитетов COSPAR, URSI, Международной группы по радарным исследованиям, национальным представителем в Международной организации по солнечно-земной физике (SCOSTEP). За многолетнюю плодотворную научную и общественную работу, личный вклад в развитие науки Г. А. Жеребцов отмечен многочисленными наградами, в том числе других государств: орденом Дружбы Республики Монголия, орденом Дружбы Китайской Народной Республики, Золотой медалью Китайской академии наук и премией Национального управления КНР в области науки и техники за достижения в международном научном и техническом сотрудничестве.

Пресс-служба ИСЗФ СО РАН

В древности на территории Гыданского полуострова было теплое море

Гыданский полуостров является наименее исследованной бурением территорией Западно-Сибирской плиты. В пределах Гыданской нефтегазоносной области основные перспективы по добыче углеводородов связаны с нижнемеловыми отложениями (возрастом от 145 млн лет до 100 млн лет), однако степень их изученности еще недостаточно высока.

Устранить белые пятна в строении этих отложений позволяют последние работы специалистов Института нефтегазовой геологии и геофизики им. А. А. Трофимука СО РАН, продолжающие изыскания про-

шлых лет. Ученые провели комплексные исследования ахской и таноупчинской свит нижнего мела, вскрытых и фрагментарно охарактеризованных керном на территории месторождения «Геофизическое». Изучив материалы геофизических исследований, выполнив литолого-фациальный, микропалеонтологический и спорово-пыльцевой анализ керна, специалистам, в частности, удалось восстановить особенности климата на Гыданском полуострове полторы сотни миллионов лет назад.

Исследователи пришли к выводу, что в берриасский век (145 млн лет — 139,8 млн лет) территория Гыдана располагалась преимущественно в зоне глубокого моря.

По оценкам, глубина палеобассейна могла достигать 400 метров. Климат в то время был теплый и влажный, а морская вода имела нормальную соленость. В раннем валанжине (около 138 млн лет назад) обстановка немного изменилась, средняя температура воды была +15 °С.

В позднем валанжине (133 млн лет назад) в пределах территории работ глубоководные зоны оставались только на северо-востоке — остальное занимала мелководная зона с глубинами 100–200 м. Дальнейшая регрессия моря продолжилась в последующие восемь миллионов лет, в готериве и в барреме. В это время практически весь Гыданский полуостров

представлял собой прибрежную равнину, временами заливавшуюся морем.

В раннем апте, около 125 млн лет назад, на изученной территории сохранялась зона прибрежной равнины. Влажный и теплый, до субтропического, климат увлажнился, на что указывает возобновившееся угленакпление.

Работа выполнена при финансовой поддержке проектов ФНИ № 0331-2019-0021, № 0331-2019-0017, № 0331-2019-0004, IGSP 608, IGSP 632, IGSP 679, РНФ 18-17-00038 «Восстановление обстановок по палинологическим данным» и РФФИ 18-05-00210 А и 18-05-70074 «Ресурсы Арктики».

Пресс-служба ИНГГ СО РАН

Члену-корреспонденту РАН Игорю Георгиевичу Неизвестному — 90 лет!



26 ноября отмечает 90-й день рождения **И. Г. Неизвестный**, талантливый ученый, один из создателей Института физики полупроводников им. А. В. Ржанова СО РАН.

Игорь Георгиевич приехал в Новосибирск в 1962 году в качестве заместителя директора Института физики твердого тела и полупроводниковой электроники. Директором был назначен Анатолий Васильевич Ржанов. И. Г. Неизвестному предстояло вдохнуть жизнь в НИИ, существовавший тогда только на бумаге: найти помещение для лабораторий, принять сотрудников, обеспечить учреждение оборудованием, наладить работу служб, экспериментальных мастерских. Эта работа заняла почти два года. Затем, в 1964 году, произошло объединение с Институтом ра-

диофизики и электроники, и большой НИИ получил современное название: Институт физики полупроводников.

«Игорь Георгиевич — легенда нашего института, он здесь с самого начала. Игорь Георгиевич на протяжении многих лет был центром, вокруг которого вращалась научная и организационная жизнь института. Они с Анатолием Васильевичем Ржановым, первым директором, успешно действовали в тандеме, хорошо понимали друг друга, дружили. Для А. В. Ржанова было очень важно поднять престиж молодого института, но для этого требовалось много работать в Москве. При этом деятельность учреждения в Новосибирске должна была продолжаться, что блестяще обеспечивал Игорь Георгиевич», — объясняет директор ИФП СО РАН академик Александр Васильевич Латышев.

Быстро развивавшемуся институту стало тесно в единственном корпусе, к тому же полупроводниковые технологии требуют особой чистоты лабораторных помещений. В 1965 году началось строительство термостатированного корпуса.

«Игорь Георгиевич решал все сложности, связанные с созданием нового объекта. Это был первый в Академии наук технологический корпус со столь высоким уровнем чистоты», — отмечает коллега и друг И. Г. Неизвестного главный научный сотрудник ИФП СО РАН академик Александр Владимирович Чаплик.

Колоссальная самоотдача Игоря Георгиевича при организации строительства была отмечена орденом Трудового Красного Знамени в 1971 году.

Параллельно с выращиванием института Игорь Георгиевич занимается наукой: в 1966 году защищает кандидатскую диссертацию, в 1980 году — докторскую, посвященную исследованию границ раздела германий — диэлектрик.

«Крупное научное достижение Игоря Георгиевича, за которое он (в составе коллектива авторов) был удостоен в 1995 году Государственной премии РФ, связано с разработкой фотоприемных матриц на основе полупроводникового соединения свинец — олово — теллур, легированного индием. Потенциальная сфера применения этих приборов — космические наблюдения», — добавляет академик РАН Александр Леонидович Асеев.

В бытность заместителем директора, да и позже, Игорь Георгиевич знал в институте практически всех сотрудников. Его ключевое качество в общении — демократичность: он вел себя на равных и с крупными учеными, и с рабочими цеха, поддерживал молодых ученых.

«Когда Игорь Георгиевич видел талантливого молодого человека, он всегда включал ему зеленый свет. Так он выделил несколько одаренных исследователей — сейчас они руководители научных групп, направлений. Игорь Георгиевич

инициировал создание филиала кафедры полупроводниковых приборов и микроэлектроники НГТУ в ИФП СО РАН, возглавлял его в течение 25 лет», — рассказывает старший научный сотрудник ИФП СО РАН, руководитель филиала кафедры ППИМЭ к.ф.-м.н. Наталия Львовна Шварц.

«Игорь Георгиевич относится к окружающим уважительно, с пониманием, он никогда не рубил с плеча, не был категоричен, оценивая чьи-либо поступки», — подчеркивает близкий друг и коллега И. Г. Неизвестного заместитель председателя СО РАН к.ф.-м.н. Эдуард Владимирович Скубневский.

Среди учеников И. Г. Неизвестного — кандидаты и доктора наук, члены РАН. Игорь Георгиевич — член научного Совета РАН по физике полупроводников, Объединенного ученого совета СО РАН по физическим наукам, заместить главного редактора журнала «Микроэлектроника», член редакционных коллегий научных журналов. В 2010 году И. Г. Неизвестный избран почетным профессором Одесского национального университета. В 2012 году ему присвоено звание лауреата премии Правительства РФ в области образования.

Дорогой Игорь Георгиевич, сердечно поздравляем Вас с юбилеем и желаем Вам крепкого здоровья, неиссякаемого оптимизма, успеха во всех начинаниях!

Ваш ИФП СО РАН

Профессору Олегу Ивановичу Ломовскому — 70 лет!

26 ноября исполняется 70 лет **Олегу Ивановичу Ломовскому** — главному научному сотруднику Института химии твердого тела и механохимии СО РАН, доктору химических наук, профессору.

Олег Иванович родился в 1951 году в городе Чарджоу (Туркмения). Мать будущего профессора была мудрой женщиной и всегда стремилась к тому, чтобы ее сын уехал в большой город. Олег Иванович учился в бывшей еще при царе гимназии с прекрасным педагогическим составом. Только отличался от компании школьников тем, что учился хорошо. «Совсем хорошо учиться было нельзя — иначе бы побили», — смеется профессор. В школьные годы Олег Иванович участвовал в различных олимпиадах по химии, в одной из которых стал призером. За это достижение его пригласили в летнюю школу недавно открытой в Новосибирске ФМШ. После летней школы Олег Иванович остался учиться в ФМШ, а затем и в НГУ на факультете естественных наук, подрабатывая в стройотрядах на строительстве автомобильного завода в Тольятти, за что даже получил грамоту.

Олег Иванович, будучи на третьем курсе университета, отправился на практику в Институт химической кинетики и горения к академику В. В. Болдыреву, а после окончания НГУ остался работать в этом институте. К этому времени у Олега Ивановича уже появилась семья. В 1979 году он защитил кандидатскую, а в 1990-м году — докторскую диссертацию. Тема докторской диссертации — «Физико-химические принципы металлизации диэлектриков с помощью реакции термического разложения гипофосфита меди». Топохимическая реакция разложения гипофосфита меди явилась основой для новых технологических процессов металлизации диэлектрических материалов. Определение факторов, связанных с протеканием реакции через



образование и рост зародышей, позволило развить методы контроля кинетических параметров реакции. Контролируемый процесс продвижения границы раздела фаз и позволил создать конвейерную технологию производства печатных плат для электроники. Термин «беспалладиевая металлизация» в технологии производства печатных плат связан именно с этими работами. Технология была внедрена на почти сорока предприятиях радиоэлектроники бывшего СССР.

Однако к середине 1990-х годов Олегу Ивановичу пришлось оставить дело своей жизни, потому что для советской микроэлектроники начались трудные времена. Его привлекла механохимия, которая в это время уже получила распространение как метод интенсификации химических процессов и создания экологически чистых технологий. Целью работ О. И. Ломовского стало получение новых перспективных материалов с помощью механохимических

методов. При его непосредственном участии были разработаны новые технологии получения таких материалов, как нанокристаллический термоэлектрический материал на основе дисилицида железа, электроэрозионностойкий композит медь — диборид титана.

С 1985-го и до 2018 года, более 30 лет, О. И. Ломовский являлся заместителем директора института по научной работе, одновременно руководил лабораторией. Помимо работы в ИХТТМ СО РАН стажировался по программе научного менеджмента в США и Германии. Был приглашенным профессором в Италии, Франции, Южной Корее, Китае. Читал лекции по прикладной механохимии в Даляньском и Ханчжоуском технологических университетах (Китай), Политехническом университете Бари (Италия), в Высшей инженерной школе Сент-Этьенн (Франция). «Мы с моей женой успели объехать всё, от Монако до Барселоны», — делится профессор.

Работы О. И. Ломовского, выполненные в течение последних десяти лет, связаны с механохимией растительного сырья. Исследования процессов, протекающих при механохимической обработке смеси растительного сырья и специальных твердых добавок, дали возможность разработать новые технологии экстракции биологически активных веществ: алкалоидов, тритерпеновых кислот, гликозидов. В этих экстракционных процессах без применения органических растворителей удалось добиться повышения выхода продукта и селективности процесса. Разработаны способы получения порошков биологически активных материалов с высокими концентрациями тритерпеновых кислот и стероидов для целей сельского хозяйства: ускорения роста растений и животных и защиты от болезней.

Активная научная жизнь Олега Ивановича продолжается, хотя он и ушел в 2019 году с поста завлаба, уступая дорогу молодым, став главным научным сотрудником: «Лаборатория по-прежнему живет. Она в надежных руках. Механохимическая переработка растительного сырья — это перспективное и актуальное направление».

За 46 лет научной деятельности Олег Иванович написал более 600 научных работ, треть из которых — статьи в высокорейтинговых журналах. Он имеет более 60 авторских свидетельств и патентов на изобретения РФ и других стран. До сих пор профессор горит своим делом и считает главным достижением то, что проделанная им многолетняя работа дает результаты и развивается.

Мы от всей души желаем Олегу Ивановичу крепкого здоровья, долгих лет жизни и энтузиазма. Пусть каждый день приносит энергию и вдохновение на свершение грандиозных дел!

Коллеги

Академгородок: запрос на обновление

Программа развития Новосибирского научного центра «Академгородок 2.0» требует принципиально новых подходов и решений в организации науки и образования, в нормотворчестве и управлении, а главное — в целеполагании.



Д. М. Маркович

В середине прошлого столетия задачи по реализации ракетно-космического, атомного, углеводородного и других наукоемких мегапроектов заострили вопрос о новых крупных формах организации науки и механизмах приоритизации направлений ее развития. В СССР пошли по пути создания компактных городов, нацеленных на одну отрасль / задачу — атомных, космических, электронных и других. Одновременно с закреплением ресурса (финансового, материального, энергетического, кадрового) под конкретную тематику, он также привязывался и к месту на карте страны — как правило, новому, но не очень удаленному от экономических центров и транспортных артерий. Так появились специфичные именно для нашей страны научные моногорода, часть которых была закрыта и засекречена.

Новосибирский Академгородок встал в этот ряд — и одновременно выделился из него. Научный городок в Новосибирске был изначально задуман открытым, мультидисциплинарным, образовательным и комфортным для проживания. Если же говорить о привязке к экономике, то здесь закладывался мостик от науки не к одному-двум индустриальным центрам или отраслям, а ко всему комплексу производительных сил огромного Сибирского макрорегиона, в научную карту которого на начальном этапе входил и Дальний Восток.

Академгородок сразу замыслился как ядро новой сети научных центров, которая и была впоследствии создана с опорой на успешный новосибирский опыт: многие его черты воплощены в академических городках Томска, Красноярска и (в меньшей степени) Иркутска, в построенном с нуля наукограде Кольцово. Идеология создания новосибирского Академгородка использована при планировании научно-образовательных гринфилдов Лувен-ле-Нев (Бельгия) и Цукуба (Япония). Вместе с тем большинство мировых центров фундаментальной науки, высшего образования и инноваций, включая знаменитую Кремниевую долину в Калифорнии, китайский Шэньчжень и индийский Бангалор, представляют собой сложные структуры, точкой кристаллизации которых послужили, как правило, обширные территории университетов и их лаборатории, к которым приросли технологические долины. Их становление и развитие инициировало неизбежную глобальную конкуренцию за таланты, и Россия до последнего времени в ней проигрывала.

Эти процессы проистекают в сложном и нестабильном мире. Сегодняшняя геополитическая ситуация такова, что по напряженности и непредсказуемости ее всё чаще сравнивают с эпохой холодной войны. Но набор вызовов теперь не такой, как 70 лет назад. К глобальным и локальным противостояниям прибавляются климатические, пандемические, социокуль-

турные (миграции, религиозный и иной экстремизм), антропогенные угрозы в самом широком понимании последних: от экологических до террористических. Развитие же информационно-коммуникационных технологий породило новую опасность для всего человечества, для его уверенного существования и развития в будущем, буквально пронизанном технологиями.

Поэтому и в мире, и в России задумываются о такой перезагрузке научно-образовательной политики, ее институтов и инструментов, которая была бы способна в перспективе как минимум 50 лет сформировать системные и эффективные ответы на эти вызовы. У нас в стране в целом осознана необходимость научно-технологического прорыва, она оформлена в государственных стратегиях, приоритетах развития, национальных проектах и программах (особенности формирования этих документов выносим за скобки). Появляются новые территориальные образования — Сколково, сочинский «Сириус», Иннополис в Татарстане — с высокой концентрацией научно-образовательного и инновационного потенциала и серьезной ресурсной подпиткой. Это центры нового для нашей страны типа, достаточно далеко отстоящие от идеологии академгородков и тем более научных моногородов 1950-х. Вектор в целом правильный, однако с учетом мировых трендов таких точек роста в России должны быть не единицы, а 15–20, причем достаточно равномерно распределенных по карте страны.

Встает ли новосибирский Академгородок 2.0 в этот ряд либо же станет простой модификацией старой (критики скажут — устаревшей) условно лаврентьевской модели? Я считаю, что, безусловно, первое. Успешный опыт — основа не для косметического ремонта, а для системного прорывного развития, которое не обязательно стартует с чистого листа. Напомню слова нобелиата **Андрея Гейма**.

«Я по-прежнему считаю, что это была ошибка — всё строить на новом месте (в Сколково. — *Прим. ред.*), и вузы, и академические институты, с нуля. Всегда есть возможность использовать эти деньги более эффективно. И Академгородок в Новосибирске — один из примеров того, что система может работать так, как на Западе».

Андрей Гейм,
лауреат Нобелевской премии
по физике 2010 года

Безотносительно сравнений со Сколково можно констатировать: Академгородок 1.0 создал великолепный, мощный базис для Академгородка 2.0. Здесь сложилась высочайшая (в расчете на единицу площади) в России концентрация интеллектуального капитала. Прежде всего, это более 90 научных школ, то есть несколько поколений исследователей, накапливающих и обновляющих знания по множеству направлений. Здесь на практике происходит использование всех преимуществ системы генерации фундаментальных знаний в академических институтах — не отрицающая мирного сосуществования с развивающейся университетской наукой.

Новосибирский госуниверситет выступает сейчас драйвером обновления

Академгородка, хотя в первую очередь, как и прежде, кадрового. Сегодня в нем более чем по ста специальностям учится свыше 7 000 студентов, в том числе около 1 000 иностранных, на уровне федерального правительства согласована и финансируется программа его развития (включая физматшколу). К слову сказать, разработанная программа развития НГУ, безусловно, амбициозная и качественно подготовленная, на мой взгляд, имеет основания стать еще более масштабной. По крайней мере, с существенным усилением высших ступеней образования — магистратуры и аспирантуры, базисом для которых являются как академические институты Новосибирского научного центра (а их несколько десятков), так и многие ведущие вузы макрорегиона.

Третьим китом, на котором зиждется экосистема Академгородка, стал Академпарк — один из лучших по всем показателям технопарков России: это более 300 компаний-резидентов, приносящих порядка 500 миллионов долларов ежегодного дохода и, что не менее важно, генератор успешных стартапов, десятки которых ежегодно встают на крыло.

К конкурентным преимуществам Академгородка относится и географическое положение. Новосибирск — узел межтерриториальных связей, евразийский хаб. И не только транспортно-логистический, но и научно-образовательный. По линии СО РАН здесь работают Международный научный центр по трансграничному взаимодействию в Северо-Восточной Азии и межрегиональный Научный совет по экологии Сибири и Восточной Арктики. В последние годы институты СО РАН осуществляли сотрудничество по сотням тематик с научными организациями, университетами, высокотехнологичными компаниями из нескольких десятков стран.

Новосибирский Академгородок как сложная, но единая экосистема включен и в национальную, и в глобальную научно-образовательную и научно-технологическую повестку. Здесь могут и должны рождаться ответы на запросы нескольких уровней. На мировом — генерировать знания и решения, включаемые в процессы противодействия основным цивилизационным вызовам. На национальном — выступить конкурентоспособным лидером научно-технологического развития России, усилить ее экспортный потенциал и инвестиционную привлекательность (то есть глобальную конкурентоспособность), стать магнитом для талантов (в первую очередь молодых). Для региона Академгородок 2.0 может удовлетворить здоровые претензии на звание научной столицы России и на роль драйвера развития всего Сибирского макрорегиона. Немаловажно и то, что Академгородок 2.0 отвечает на запросы человека — должен давать ему максимум возможностей для самореализации, для комфортной, безопасной и насыщенной жизни.

Да, это всё так. Но сегодня на административной карте Новосибирска, не говоря уже про одноименную область и Россию, вы не найдете слово «Академгородок». Новосибирский научный центр не имеет формальной субъектности: это часть муниципального Советского района плюс наукоград Кольцово и центр аграрной науки Краснообск плюс территории двух, как это ни парадоксально звучит, сельсоветов. От одного из них не-

давно отрезали кусочек — для того чтобы строящийся комплекс источника синхротронного излучения СКИФ находился в границах одного административного образования, а не двух. Масштаб и уровень территориального управления уже сегодня отстал от масштаба и уровня решаемых задач, в том числе глобальных и национальных, далеко не полностью обозначенных выше.

Я убежден, что Академгородок 2.0 не может существовать как раздробленный и разноуправляемый конгломерат, он должен обрести особый статус единого субъекта. Для этого созрели все предпосылки: материальные, организационные, социальные, правовые. «Сириус» создал прецедент формирования федеральной территории на основании одноименного закона (правда, адресного). Есть и другие форматы: инновационные научно-технологические центры (ИНТЦ), более обиходно именуемые долинами, или КРТ (комплексное развитие территории) — механизм, введенный законом № 494-ФЗ в конце 2020 года и оставляющий неприкосновенными муниципальные границы.

Самое же ценное — возможности комбинирования этих форматов в процессе открытых и заинтересованных обсуждений. Причем обсуждаться должен не только административно-территориальный статус Академгородка 2.0, но и главный фактор его выбора — институты и формы развития науки, образования и инноваций. Время вечных лабораторий и незыблемых госзаданий уходит в прошлое, мы живем в эпоху новой мультидисциплинарности, которая выражается в стыковых, комбинирующих знаниях проектах, формируемых разными организациями и коллективами. Крупнейшие из них — упомянутый СКИФ, а также подготовленный силами нескольких институтов проект Междисциплинарного исследовательского комплекса аэрогидродинамики, механики и энергетики (МИК АМиЭ). Академгородок 2.0 в профессиональном разрезе видится как некоторый консорциум консорциумов, привязанный к определенной территории и управляемый из единого центра при сохранении максимальной независимости всех участников этого образования. Имеющаяся высокая концентрация научных и инженерных кадров, стабильный их источник в лице ведущих университетов создают предпосылки для появления на этой территории пояса R&D-центров высокотехнологичных компаний, обеспечивающих трансфер фундаментальных знаний в реальный сектор.

Мы проектируем и строим экспериментальные установки. Но экспериментальный подход следует распространить на формально внеученные элементы Академгородка 2.0 — управленческие, социальные, градостроительные (в последней сфере пример подают инициаторы проекта SmartCity). Чтобы наше экспериментирование было успешным, бюрократический принцип: всё, что не разрешено — запрещено, должен быть заменен обратной презумпцией дозволенности. Разумеется, в рамках действующего законодательства и здравого смысла.

Академик Д. М. Маркович,
главный ученый секретарь СО РАН,
директор Института теплофизики
им. С. С. Кутателадзе СО РАН
Фото из архива редакции

Новые открытия в репарации ДНК

Жизнедеятельность человеческого организма в значительной степени зависит от стабильности его генома и правильного воспроизведения хранящейся в нем в виде ДНК информации. В свою очередь, стабильность генома определяется способностью клетки реагировать на повреждения ДНК. Ключевым механизмом регуляции этого процесса является поли-АДФ-рибозилирование белков, участвующих в репарации ДНК. Фундаментальные исследования в этом направлении проводят сотрудники лаборатории биоорганической химии ферментов Института химической биологии и фундаментальной медицины СО РАН под руководством академика **Ольги Ивановны Лаврик**. Недавно они опубликовали свои результаты в престижном журнале *Communications Biology*.

Молекула ДНК является библиотекой, в которой содержится информация о функционировании клетки. Хорошо известно, что структуру ДНК охраняют от повреждений системы репарации, состоящие из комплексов белков. Динамические процессы репарации, протекающие в хроматине, требуют участия ферментов-регуляторов. Сегодня наиболее актуальные фундаментальные исследования связаны с АДФ-рибозилированием — внутриклеточной реакцией, которая регулирует многие процессы, в том числе репликацию, транскрипцию и репарацию ДНК. В результате этой реакции, осуществляемой ферментами поли(АДФ-рибоза)-полимеразами, образуется поли(АДФ-рибоза) — специфический полимер, который выполняет важнейшую функцию, а именно привлекает «ремонтные бригады» ферментов репарации к разрывам в молекулах ДНК для их восстановления.

«Изучение процессов, происходящих в человеческих клетках, невозможно без понимания механизма АДФ-рибозилирования. В клеточном ядре этот процесс катализируют ферменты поли(АДФ-рибоза)-полимеразы 1 и 2 (PARP1 и PARP2), которые, в сущности, регулируют все важнейшие клеточные системы, поддерживая стабильность и точность воспроизведения генома», — рассказала заведующая лабораторией биоорганической химии ферментов (ЛБХФ) ИХБФМ СО РАН академик **Ольга Ивановна Лаврик**. PARP1 — самый главный фермент. Он регулирует ключевые процессы, катализируя при повреждениях ДНК синтез поли(АДФ-рибозы), которую называют третьей нуклеиновой кислотой наряду с ДНК и РНК. Исследование такой фундаментальной реакции необходимо для важнейших медицинских задач, а именно — для поиска мишеней, которые нужно ингибировать, чтобы убить раковую клетку.

PARP1 и PARP2 входят в семейство поли(АДФ-рибоза)-полимераз (PARPs), насчитывающее 18 белков. Функции многих из них еще неясны и являются предметом активных исследований. Первый из открытых белков этого семейства, PARP1, отвечает за обнаружение разрывов ДНК, возникающих при генотоксическом стрессе. Связываясь с разрывами в ДНК, фермент использует НАД⁺ (кофермент витамина В3, жизненно важный для каждой клетки человеческого организма) для синтеза разветвленного отрицательно заряженного полимера — поли(АДФ-рибозы), той самой «третьей нуклеиновой кислоты». В ходе синтеза поли(АДФ-рибозы) PARP1 сам к себе присоединяет ковалентно этот отрицательно заряженный полимер, чтобы легче покинуть разрывы в ДНК,

которая тоже заряжена отрицательно, а также PARP1 может присоединять этот полимер к другим белкам, регулируя их взаимодействие с ДНК. В то же время поли(АДФ-рибоза) может собирать белки в функциональные комплексы, концентрируя их вблизи повреждений ДНК. Синтез поли(АДФ-рибозы) имеет важнейшую сигнальную функцию, а именно — информирует клеточные системы о произошедшем повреждении ДНК точно так же, как столб дыма является сигналом о начавшемся пожаре. Таким образом, PARP1 выступает оператором всех процессов клетки, контролируя целостность генетической информации, заключенной в ДНК.

Еще один представитель семейства PARP, PARP2, принято считать менее активным аналогом PARP1. Он действительно имеет меньшую активность в реакции синтеза поли(АДФ-рибозы), если сравнивать этот фермент с PARP1. Тем не менее было установлено, что неповрежденные клетки, в которых совсем нет PARP1, продолжают полноценно функционировать. Выходит, что PARP2 вполне способен поддерживать жизненные процессы клетки, но как это возможно при гораздо более низком уровне синтеза поли(АДФ-рибозы), оставалось неизвестным.

Учитывая ключевую роль PARP1 и PARP2 в восстановлении повреждений ДНК, понимание механизмов их действия имеет огромное медицинское значение. Ферменты этого семейства белков — отличные терапевтические мишени. Ингибиторы PARP1 подавляют восстановление ДНК в раковых клетках и применяются в качестве противораковых препаратов для лечения рака молочной железы, яичников и ряда других болезней. Было установлено, что PARP1 вовлечен в развитие воспалительных процессов. Например, гиперактивация PARP1, сопряженная с расходом НАД⁺ и понижением энергетического баланса клетки, ответственна за увеличение числа очагов поражения при инсультах, инфарктах миокарда, сепсисе. Это позволяет предположить, что ингибиторы PARP1 могут применяться и для терапии неонкологических заболеваний.

Фермент PARP1 был открыт еще в 60-е годы прошлого века, однако на протяжении десятилетий ученые не подозревали о том, что он взаимодействует с определенным кофактором, белком-помощником, с которым образует единый активный центр. Этот белок был открыт только в 2016 году и назван фактором поли-АДФ-рибозилирования гистонов 1 (HPF1 — histone PARylation factor 1). Именно HPF1 регулирует присоединение синтезируемого полимера АДФ-рибозы к гистонам в со-

ставе хроматина. «Это чрезвычайно важно для процессов репарации, и вот почему: ДНК плотно упакована в клеточном ядре в составе хроматина. Самый первый уровень компактизации — нуклеосомы, ДНК-белковые комплексы, где ДНК намотана на гистоновое ядро, состоящее из белков. В такой структуре некоторые участки ДНК, в том числе содержащие повреждения, экранированы гистонами, а поли-АДФ-рибозилирование гистонов приводит к релаксации данной структуры, делая скрытые участки доступными для репарационных машин», — рассказывает аспирантка Новосибирского государственного университета, работающая в лаборатории биоорганической химии ферментов ИХБФМ СО РАН, **Татьяна Андреевна Кургина**. Диссертационная работа Татьяны связана с исследованием роли этого нового белка в функциях PARP1/PARP2.

Исследования сотрудников лаборатории биоорганической химии ферментов ИХБФМ СО РАН показали, что HPF1 способен стимулировать ранние стадии АДФ-рибозилирования и ингибировать поздние. То есть при определенных условиях этот кофермент способен увеличивать количество синтезированного полимера поли(АДФ-рибозы). «На первый взгляд может показаться, что HPF1 взаимодействует с PARP1 и PARP2 крайне неэффективно. Необходимо добавлять очень большой избыток HPF1 по отношению к PARP1 или PARP2, чтобы увидеть образование их комплексов с HPF1. Первые исследования из-за такого кажущегося плохого взаимодействия были проведены при высоких концентрациях HPF1. Результаты исследований показали, что данный фактор мешает PARP1 синтезировать поли(АДФ-рибозу), уменьшает количество и длину синтезируемых полимеров». Однако, как было установлено сотрудниками ЛБХФ, эти данные не совсем верны. Дело в том, что HPF1 гораздо эффективнее образует комплекс с PARP1, когда этот фермент уже активирован. Когда PARP1 связывает поврежденную ДНК и молекулу НАД⁺, он переходит в режим боевой готовности и его структура изменяется — HPF1 получает возможность связаться с ним, так как открывается площадка для его посадки. В клетке маловероятна ситуация, когда HPF1 будет больше чем PARP1, как показали соответствующие исследования. Эксперименты, проведенные в условиях, наиболее близких к клеточным, показали, что HPF1, напротив, стимулирует активность PARP1, а также впервые было установлено, что этот белок стимулируется активность PARP2. В результате в присутствии HPF1 «заместитель» PARP1, а именно PARP2, становится по-настоящему активным. Это

очень важное наблюдение, проясняющее загадку низкой активности второго PARP в отсутствие HPF1.

Роль НАД⁺ также чрезвычайно важна, ведь эта молекула поставляет энергию для многих клеточных процессов и выступает кофактором ферментов. Расходовать ее впустую — расточительно и вредно. Если PARP1 сильно активировался и потратил весь НАД⁺ на синтез, то клетка может погибнуть. В работе сотрудников ЛБХФ было показано, что HPF1 может препятствовать гиперактивации PARP1, чтобы он не использовал весь НАД⁺, который нужен и для других процессов. При низкой концентрации НАД⁺ HPF1 будет, напротив, стимулировать PARP1 и PARP2 для сохранения сигнала о повреждениях ДНК, иницируя процесс восстановления этих повреждений. Таким образом, HPF1 нормализует активность PARP1 и PARP2, регулируя расход энергии.

Еще один важный результат работы состоит в следующем. Оказалось, что HPF1 оказывает гораздо большее воздействие на PARP2 по сравнению с PARP1. В отличие от PARP1, этот фермент в присутствии HPF1 преимущественно модифицирует гистоны. То есть он участвует не только в создании сигнала о повреждении ДНК, но и создает условия для его репарации на уровне хроматина. Поли-АДФ-рибозилированные гистоны хуже взаимодействуют с ДНК и мешают процессу репарации. Таким образом, было установлено, что HPF1 особенно необходим в клетке для выполнения функций PARP2, поскольку без этого фактора PARP2 имеет низкий уровень активности. Можно сказать, что многолетняя загадка была разгадана!

«Изучение ферментов семейства PARP, несомненно, имеет огромные перспективы, включая даже такие области, как борьба с COVID-19. Ведь АДФ-рибозилирование — это процесс, участвующий в проникновении коронавируса в хозяйскую клетку. Наша лаборатория является ведущей в России в исследованиях функций белков семейства PARP. В мире этими ферментами активно занимаются ведущие лаборатории. Ежегодно проходят конференции, посвященные только этим ферментам, в силу важности этих исследований для лечения онко- и нейродегенеративных заболеваний. Хочу заметить, что для разработки оптимальных методов лечения совершенно необходимы серьезные фундаментальные исследования. Только они могут создать необходимый плацдарм для дальнейшего развития медицины», — прокомментировала Ольга Лаврик.

Древние грибоживотные у вас под ногами

Не имея конечностей, они передвигаются и образуют колонии. Не имея мозга, проходят лабиринты и решают головоломки. Они размножаются спорами, но это не грибы и не плесень. Зачастую их путают со мхом, однако их нельзя отнести ни к царству растений, ни к животным. Эти загадочные организмы до сих пор малоизучены, хотя могут оказаться прямо у вас под ногами. Поиском и исследованием новых видов миксомицетов, или слизевиков, занимаются микологи из Центрального сибирского ботанического сада СО РАН.



Fuligo septica



Trichia decipiens (Трихия обманчивая)



Physarum auriscalpium. Выращен методом влажных камер на субстратах, собранных в Тапсинском заказнике Республики Тыва

Не гриб, не растение, не животное

Традиционно миксомицеты отождествляли с низшими растениями и сравнивали с грибами. Морфологические сходства слизевиков с грибами действительно велики. Так, в начале XIX века ученый-систематик Христиан Генрих Персон отнес их к грибам-дождевикам. Однако в 1887 году основатель микологии Генрих Антон де Бари сделал вывод, что между грибами и миксомицетами существует лишь внешнее сходство и дал им латинское название *Mycetozoa* (грибоживотные). Начиная с XX века миксомицеты, как правило, называют слизистыми грибами или просто слизевиками, а в английском языке наряду с *myxomycetes* также закрепился термин *slime-molds*. В современных классификациях их относят к царству простейших вместе с другими амебодными организмами и выделяют в отдельный класс *Myxomycetes*, который представляет собой четко очерченную филогенетическую группу.

Мир миксомицетов весьма разнообразен. К настоящему времени в мире выявлено около 1000–1100 морфовидов (конкретное число зависит от взгляда на систематику и признания или непризнания конкретного таксона). Из них в России на сегодняшний день известно порядка 460 видов. Очень вариативен и внешний вид слизевиков. Их споры могут быть покрыты бородавочками, шипиками, мелкой или крупной сетью — все эти структуры способствуют распространению спор по воздуху, водными потоками и насекомыми. Этому также способствует гидрофобность слизевиков, то есть устойчивость к влаге. Как и у грибов, у миксомицетов часто наблюдается гетероталлизм — раздельнополость, когда сливаться могут определенные особи в популяции в конкретных комбинациях.

Вегетативное тело слизевиков представляет собой слизистую массу, которая называется плазмодием. Другими словами, это одна клетка, вмещающая миллионы ядер. Размер плазмодия зависит от вида миксомицета и может быть как менее одного миллиметра (виды рода *Echinostelium*), так и более одного метра (виды рода *Fuligo*). Как правило, у большинства миксомицетов плазмодий прозрачный, белый, кремовый, желтый, но у отдельных видов миксомицетов встреча-

ются серые, фиолетовые, красные и даже черные плазмодии.

Плазмодии кажутся неподвижными, однако при ускоренной съемке можно увидеть, что они перемещаются со скоростью 0,4 мм в минуту и могут менять свою форму, просачиваясь сквозь мельчайшие отверстия. Это и есть одно из их самых явных отличий от грибов. Не имея системы кровообращения, слизевики живут за счет течения цитоплазмы. Благодаря этому механизму они образуют новые ответвления плазмодия и последовательно двигаются в направлении пищи.

Плодовые тела (спорокапы) миксомицетов внешне очень похожи на миниатюрные грибы. Как и последние, спорокапы содержат в себе споры, откуда при благоприятных условиях могут прорасти зооспоры и миксамебы — две формы одной стадии жизненного цикла. Каждая зооспора имеет два кнотовидных жгутика, которые могут редуцироваться, и тогда она превращается в миксамебу. Этот процесс происходит при понижении необходимого уровня влажности окружающей среды. И хотя комфортнее всего миксомицеты чувствуют себя в лесной подстилке, выживать, питаться и размножаться они могут практически где угодно.

Выносливые жители почвы

За 600 миллионов лет своего существования на планете слизевики научились приспосабливаться к самым разным климатическим условиям. В периоды резкого понижения или повышения температуры, в суровую зиму или долгую засуху миксомицеты не образуют спорангии и остаются в виде микроцист и склероциев. В такой форме они сохраняют необходимый для спороношения ядерно-центриолярный комплекс. Поэтому слизевики хорошо адаптированы к экстремальным условиям пустынь или высокогорных тундр, где их спороношение приурочено к определенным краткосрочным периодам.

Благодаря своей выносливости плазмодий *Physarum polycephalum* использовался в космических программах США, Германии и России. Эксперименты на борту российского биоспутника «Космос-1129» в 1979 году показали, что миграция плазмодия и протоплазматический поток сохраняются и выживают в условиях микрогра-

витации. В 1986 году NASA применяло тот же вид миксомицетов в качестве модельной системы для изучения реакции живых организмов на гравитационные нагрузки.

Как правило, слизевики — космополиты. Большинство видов встречается повсеместно, например те, которые находят в Африке, Европе или в странах Азии, можно обнаружить и на территории ЦСБС или в Караканском бору. Чаще всего их находят в лесах, где они обитают во влажных затененных местах на древесных остатках, в листовом опаде, почве, на мхах, лишайниках, на старых плодовых телах трутовых грибов, питаются мертвыми насекомыми и гниющими растениями. Особую группу составляют эпифитные миксомицеты, обитающие в складках коры живых деревьев и кустарников. В регионах с сухим климатом развитие этих организмов приурочено к редким периодам осадков, поэтому трофические стадии миксомицетов преимущественно обитают в наиболее влажном верхнем почвенном горизонте и подстилке, тогда как плодовые тела образуют на помете растительоядных животных, нижних частях полукустарничков, на травяном опаде. При этом слизевики выработали способность выживать длительное время в самых неблагоприятных условиях. Пропагулы миксомицетов могут долгое время лежать в почве в ожидании подходящего уровня влаги и температуры, чтобы снова начать расти. Так, например, задокументированы случаи прорастания спор, которые хранились в лаборатории в течение 60 лет.

Миксомицет — это многоагентная система, у которой нет единого интеллекта, отвечающего за весь организм. При обнаружении пищи или влаги во всю клеточную массу посылается сигнал, после чего она перемещается в нужную сторону. Направленные к еде клетки-собиратели действуют подобно слаженной работе муравьиной колонии. В свою очередь, спороношения могут служить пищей для жуков и слизней, а некоторые насекомые используют их в качестве убежища.

Отсюда ясна и важная экологическая роль миксомицетов, которые являются одними из доминирующих групп почвенных простейших. «Прежде всего, они служат регуляторами размера популяции бактерий, дрожжей и мицелиальных грибов, а также участвуют в круговороте питатель-

ных веществ и минерализации, — рассказала заведующая лабораторией микологии, альгологии и лишайнологии ЦСБС СО РАН кандидат биологических наук Анастасия Владимировна Власенко. — Один грамм почвы может содержать 10^4 – 10^7 спор миксомицетов. Кроме того, они способны разрушать структурные полисахариды растительной ткани, такие как целлюлоза, пектин и лигнин, так как известно, что они продуцируют внеклеточную амилазу и деградируют сложные соединения. Это ключевая способность миксомицетов, ведь благодаря этому они в качестве пионерных видов заселяют складки коры живых древесных растений».

Организмы под микроскопом

Классификация живых организмов — одна из важнейших задач в биологии. Оценка видового разнообразия, присутствия или отсутствия вида в природе имеет решающее значение при биогеографических и экологических исследованиях.

Изучение миксомицетов с применением молекулярно-генетических методов началось лишь в начале XXI века. С 2005 года появлялись крупные работы по филогении миксомицетов, ученые описали новые таксоны и выявили значительное генетическое разнообразие в пределах многих морфовидов. Однако, как и 100–200 лет назад, такие исследования всё еще основывались на морфологических характеристиках зрелых плодовых тел слизевиков. Сложность изучения почвенных протистов (простейших организмов) заключается в том, что не все из них образуют плодовые тела или они не всегда могут быть обнаружены в стадии спороношения. Некоторые виды миксомицетов обитают в верхнем почвенном слое только в виде плазмодиев и не переходят к стадии спороношения.

Огромный вклад в изучение разнообразия конкретного сообщества внес метод NGS-метабаркодинга. Для этого во время экспедиционных исследований берутся образцы пробы почвы, из которой в лаборатории выделяется тотальная ДНК. После того как проведены все этапы обработки метагеномных данных и получены последовательности, необходимо определить, к каким конкретно видам они принадлежат. Для этого используются реферсные

базы данных, например такие как ГенБанк, где в общем доступе хранится информация о генетических последовательностях различных организмов, которая может помочь при дальнейшей видовой идентификации. Метод NGS-метабаркодинга уже использовался при изучении скрытого разнообразия миксомицетов в смешанных лесах и лугах Немецких Альп, в таежных лесах Нижне-Свирского заповедника на северо-западе России, в субтропических лесах Центрального Китая.

«Молекулярно-генетические исследования активно применяются при описании новых видов миксомицетов, — пояснила Анастасия Власенко. — Например, в 2020 году нами были описаны два новых для науки вида миксомицетов: *Symphytocarpus macrosporus* и *Stemonitis pseudoflavogenita*. При описании необходимо было представить неоспоримые доказательства, что морфологические признаки у данных образцов представляют собой не временные фенотипические тренды, возникшие под влиянием узконаправленных факторов окружающей среды, а закрепились генетически и позволяют описать новый для науки вид».

Биоразнообразие миксомицетов, как отдельных регионов мира, так и России, до сих пор остается малоизученным. Специальные исследования слизевиков Новосибирской области и Алтайского края, где ранее было известно менее десяти видов, начато сотрудниками лаборатории микологии, альгологии и лишенологии ЦСБС СО РАН в 2007 году. Аналогичные поиски проводились в Омской области и Республике Тыва в 2018–2019 годах, где миксомицетов до этого не фиксировали вовсе. Наравне с этим учеными из ЦСБС СО РАН при поддержке директора Тувинского научного центра доктора биологических наук Чойган Николаевны Самбыла с 2020 года проводится изучение миксомицетов в труднодоступных точках Республики Тыва: Пий-Хемский кожуун, Сут-Хольский кожуун, Эрзинский кожуун и других.

«Отдельный интерес представляют ископаемые миксомицеты, которые обнаруживают достаточно редко, ведь их плодовые тела очень мелкие и хрупкие, — отметила Анастасия Власенко. — Существует несколько образцов, датированных эоценом и сохранившихся в балтийском янтаре, среди которых были выделены новые виды миксомицетов: *Arcyria sulcata* и *Protophysarum balticum*. Кроме того, в балтийском янтаре были обнаружены спорангии *Stemonitis splendens*. Этот вид не претерпел морфологических

изменений и в неизменном виде распространен сейчас практически на всех континентах. Также и в доминиканском янтаре, возраст которого равен примерно 40–25 миллионам лет, обнаружен плазмодий миксомицетов, конкретный вид которого определить не удалось».

Изучение и классификация миксомицетов значительно продвинулись за последние 20 лет. На сайтах таких глобальных проектов, как The Eumycetozoa Project или Discover Life, можно найти информацию о систематике и актуальных исследованиях миксомицетов, среди которых открывают десятки новых видов. Причем они были обнаружены в городских пространствах. Оказалось, что слизевики могут поселяться прямо в квартирах с комфортной для них влажностью, например на листьях домашних растений.

Полезная слизь

Слизевики, действительно, не так просты, какими кажутся на первый взгляд, и их роль в экосистеме до сих пор не вполне очевидна даже для ученых. Могут ли эти загадочные организмы быть чем-либо полезны человеку?

«Прежде всего, миксомицеты выступают удобными модельными объектами при изучении влияния антропогенной нагрузки на конкретные природные сообщества, — прокомментировала Анастасия Власенко. — Методика выявления видового разнообразия этих организмов стандартизирована, поэтому получаемые данные сравнимы с любыми идентичными исследованиями, выполненными как российскими, так и зарубежными специалистами».

Экстракты, полученные из слизевиков, обладают высокой биологической активностью. Впервые исследования, посвященные этому, были проведены в 1950-х годах. Оказалось, что *Physarum polycephalum* может подавлять размножение микробов фагоцитозом или путем выделения веществ, обладающих антибактериальной активностью, а плазмодий слизевиков способен вырабатывать вещества, подавляющие рост бактерий.

В настоящее время из слизевиков выделено порядка ста вторичных метаболитов, которые могут быть классифицированы как липиды, амиды жирных кислот и их производных, алкалоиды, аминокислоты, пептиды, нафтохиноновые пигменты, ароматические соединения, углеводные соединения, терпеноиды и другие. Многие из метаболитов обладают противомикробной активностью, как и спиртовые экстракты плазмодиев миксомицетов.

«Умная» слизь

Обычно считается, что зачатками интеллекта и способностью к обучению обладают только организмы, имеющие нервную систему. Однако ряд исследований последних десятилетий доказал, что даже слизевики, будучи биологическими родственниками амёб и инфузорий-туфельки, способны решать незаурядные задачи.

Ставшее уже классическим исследование японского ученого Тосиюки Накагаки показало, что миксомицеты могут находить выход из лабиринта. В этом эксперименте разрезанный плазмодий *Physarum polycephalum* поместили в лабиринт с двумя равноудаленными источниками пищи. Спустя время плазмодий изменил свою форму, слившись в единую толстую трубку, что позволило проложить кратчайший путь между двумя кормушками. В 2008 году необычное исследование было отмечено Шнобелевской премией за вклад в когнитивную науку.

Позже группа ученых из университета Хоккайдо изучила движение плазмодия *Physarum polycephalum* в эксперименте, где на плоской поверхности были разложены хлопья геркулеса в конфигурации, повторяющей расположение станций на железной дороге Токио. Через 26 часов плазмодий сформировал единую сеть тяжей, которая обозначила кратчайшие пути между точками (метками с пищей). Ученые пришли к выводу, что слизевик формирует сети с сопоставимой эффективностью и оптимальными отрезками между метками, подобно инфраструктуре мегаполиса — в данном случае, железнодорожной системе Токио.

Еще один коллектив ученых из Франции, Швеции и Индии провел на нескольких штаммах миксомицета *Physarum polycephalum* эксперименты по изучению влияния условий окружающей среды на его поведение. Оказалось, что протисты обладают внешней химической памятью и способностью к обучению. Ученые доказали, что миксомицеты во время питания оставляют специальные метки — химические вещества, которые привлекают сородичей. Это означает, что плазмодий слизевиков использует систему связи, подобную запаховым меткам у высших животных, с помощью которой они могут сигнализировать друг другу во времени и пространстве.

Кроме того, у плазмодия миксомицетов есть внешняя пространственная память, и, вероятно, она может быть функциональным предшественником внутренней памяти высших организмов. Австралий-

ские ученые провели эксперимент по изучению движения плазмодия в поисках пищи. Плазмодий сознательно избегал областей, которые он посещал ранее. Если предоставить слизевiku выбор между агаром, содержащим его следы, и агаром, где он ранее не был, то плазмодий будет избегать областей с внеклеточной слизью. Двигаться по пути, где он уже был и съел все пищевые ресурсы, нецелесообразно, поэтому эта замечательная стратегия позволяет миксомицетам получить максимум пищевых ресурсов за конкретный промежуток времени, не проходя по одному и тому же пути дважды.

Сегодня миксомицетов пытаются использовать даже в робототехнике. Так, английские и японские ученые уже несколько лет разрабатывают плазмобота — шестиногую машину, процессором которой будет управлять размещенный на ней слизевик *Physarum polycephalum*. Контролировать поведение организма предполагается электромагнитным полем, которого он обычно избегает. Такой робот сможет выполнять задачи, с которыми миксомицеты удачно справлялись в других экспериментах, например находить кратчайший путь до цели.

Не чуждо этим грибоживотным и высокое искусство. В своем эксперименте ученые из Великобритании использовали расположенные в линию электроды, каждый из которых был покрыт каплей агара — лакомой пищей слизевиков. В течение девяти дней исследователи записывали электрическую активность миксомицетов, затем перекодировали ее в ноты и ускорили. Таким образом, люди впервые услышали композицию, созданную амёбидным организмом.

Миксомицеты существовали задолго до появления человека и, вероятно, будут населять Землю и после него. Пока биологи продолжают обнаруживать новые способности этих удивительных организмов, они постепенно воцаряются в лесной почве, захватывают газоны и поселяются в наших домах. Кто знает, возможно, в будущем мы научимся взаимодействовать со слизевиками, использовать их, как в новых технологиях, так и в быту, а однажды научно-фантастические сюжеты станут реальностью и древняя мудрость миксомицетов поможет нам обустроиться на других планетах.

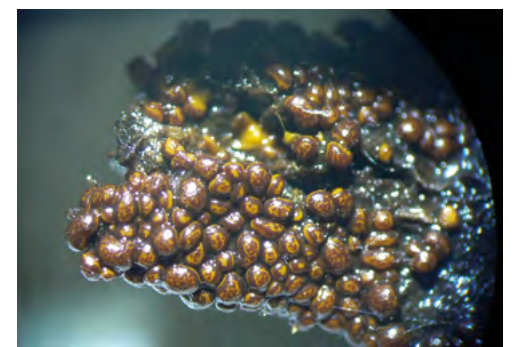
Глеб Сегада
Фото предоставлены
исследовательницей
и из открытых источников



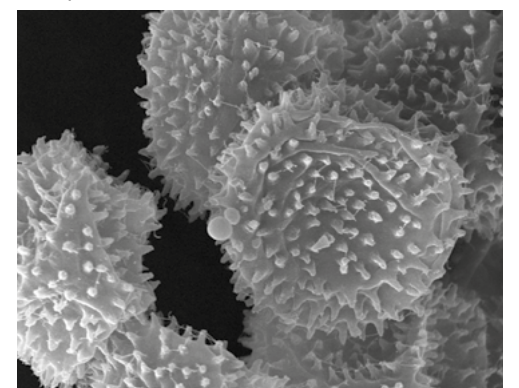
Arcyria helvetica. Выращен методом влажных камер на субстратах, собранных в Хутинском заказнике Республики Тыва



Спорангии миксомицетов порядка *Stemonitidales*: а — *Stemonitis axifera* (Bull.) T. Macbr., б — *Stemonitopsis typhina* (F.H. Wigg.) Nann.-Bremek., в — *Stemonitis rhizoideipes* Nann.-Bremek., Р. Sharma & K.S. Thind, г — *Stemonitis fusca* Roth



Недозревшая *Perichaena corticalis* во влажной камере



Споры миксомицетов (сканирующая электронная микроскопия). Фотография выполнена на оборудовании ЦСБС СО РАН

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: 23.11.2021 г.
Объем: 2 п. л. Тираж: 1 700 экз.
Стоимость рекламы: 80 руб. за кв. см.
Периодичность выхода газеты —
раз в неделю.

Рег. № 484 в Мининформпечати
РСФСР от 19.12.1990 г., ISSN 2542-050X.
Подписной индекс 53012
в каталоге «Пресса России»:
подписка-2021, 2-е полугодие.
E-mail: presse@sb-ras.ru,
media@sb-ras.ru
Цена 13 руб. за экз.

© «Наука в Сибири», 2021 г.

ВАКАНСИЯ

Специализированный учебно-научный центр НГУ объявляет выборы на замещение вакантных должностей: заведующего кафедрой физики ФФ и СУНЦ НГУ, заведующего кафедрой русской словесности ГФ и СУНЦ НГУ, заведующего кафедрой иностранных языков СУНЦ НГУ.

Требования к кандидатам: высшее профессиональное образование; ученая степень и (или) ученое звание; стаж научно-педагогической работы или работы в организациях по направлению профессиональной деятельности, соответствующей деятельности кафедры, не менее пяти лет.

Срок подачи документов — месяц со дня публикации объявления.

Документы подавать по адресу:
г. Новосибирск, ул. Пирогова, д. 11/1,
каб. 157, отдел кадров СУНЦ НГУ,
тел.: 363-42-39.

ПОДПИСКА

Не знаете, что подарить интеллигентному человеку? Подпишите его на газету «Наука в Сибири» — старейший научно-популярный еженедельник в стране, издающийся с 1961 года! И не забывайте подписаться сами.



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

Сайт «Науки в Сибири»
www.sbras.info

ТАМАРА ВИТАЛЬЕВНА АНДРУШКЕВИЧ (7.03.1937 — 19.11.2021)



19 ноября на 85-м году жизни скоропостижно ушла из жизни одна из первых сотрудниц Института катализа, всемирно признанный специалист в области гетерогенного окислительного катализа **Тамара Витальевна Андрушкевич**.

Тамара Витальевна родилась 7 марта 1937 года в Курске. В 1960-м окончила Московский институт тонкой химической технологии. С 1961 года работала в Институте катализа СО РАН. В 1968-м защитила кандидатскую, в 1994-м докторскую диссертацию. В 1992–2007 годах заведовала лабораторией селективного гетеро-

генного окисления. С 2007-го работала в должности главного научного сотрудника института.

Начало ее научной деятельности связано с глубоким окислением углеводов. Практическим итогом ее фундаментальных исследований стала разработка медно-алюминиевого катализатора для дожигания органических примесей в отходящих газах заводов кабельной промышленности. Этот катализатор положил начало целому семейству окисно-медных катализаторов для обезвреживания выбросов химических производств.

В последующие годы Тамара Витальевна разработала катализаторы и технологию процессов двухстадийного окисления пропилена в акриловую кислоту и окислительного аммонолиза пропилена. Под ее руководством и при непосредственном участии впервые в мире разработаны переносные технологии каталитических процессов окисления β-пиколина в никотиновую кислоту и формальдегида в муравьиную кислоту. Она активно занималась их пилотированием и практическим внедрением.

Т. В. Андрушкевич — автор более 200 научных публикаций и 35 российских и зарубежных патентов. Под ее руководством защищено семь кандидатских диссертаций и множество дипломных работ.

За цикл работ «Гетерогенно-каталитическое окисление органических соединений в карбоновые кислоты: механизм,

кинетика, дизайн катализаторов» в 2001 году Тамаре Витальевне присуждена Премия им. А. А. Баландина.

Всю свою трудовую жизнь Тамара Витальевна посвятила науке и Институту катализа, бескомпромиссно отстаивая научные идеи и наследие Г. К. Борескова. Логотип института был разработан ею. Она была руководителем, который вдохновлял, мотивировал и побуждал преодолевать все трудности в получении результатов. Ее организационные способности устраняли все препятствия на этом пути. Тамара Витальевна с теплом и гордостью рассказывала о сыне и внуках.

Тамара Витальевна — автор первого издания библиографического материала «Академик Г. К. Боресков». Благодаря ей на основе публикаций Георгия Константиновича была создана и выпущена в двух изданиях монография «Гетерогенный катализ» уже после его смерти. Большой вклад она внесла и в создание последующих книг воспоминаний «Георгий Константинович Боресков», изданных СО РАН.

Трудно поверить в такой безвременный уход. Память о Тамаре Витальевне Андрушкевич навсегда останется в наших сердцах. Мы разделяем скорбь и горечь невосполнимой утраты с родственниками и близкими.

Коллектив института,
коллеги и ученики

СПЕЦПРОЕКТ

2021-й — Год науки и технологий

Продолжаем спецпроект, в котором сибирские ученые представляют свои самые яркие, прорывные разработки.

Геологический институт СО РАН

Программа для ЭВМ Gtail

Программа Gtail предназначена для математической и графической обработки U-Th-Pb изотопно-геохронологических данных. Она представляет собой алгоритм, который расширяет функционал программных комплексов Glitter и Isoplot.

Glitter используется для расчета изотопных отношений и возраста путем выбора оптимального участка сигнала на хроматограмме с учетом элементного и изотопного фракционирования, инструментального дрейфа. Функционал Glitter ограничен: не позволяет корректно оценить относительное положение фигуративных точек изотопных отношений на диаграммах с конкордией из-за отсутствия функций зума и визуализации погрешностей; не считает коэффициент корреляции ошибок и дискордность; не проводит коррекцию на обыкновенный

свинец; не выполняет оценку содержания Pb, Th и U без данных внутреннего стандарта; не позволяет настроить структуру экспортируемых данных.

Программа Isoplot — инструмент для построения диаграмм и расчета параметров различных радиоизотопных систем, в том числе и U-Th-Pb — не позволяет провести быстрый предварительный обзор и анализ массива изотопных данных: в ней отсутствует возможность выполнения коррекции на обыкновенный свинец с учетом потери радиогенного свинца (метод Андерсена) и расчета концентраций Pb, Th и U с учетом приборного дрейфа.

Программа Gtail обладает простым интерфейсом и богатым функционалом: генерация полностью оформленной таблицы-отчета с результатами анализа; возможность настройки пользователем параметров расчета выходных данных, набора

и последовательности столбцов таблицы-отчета; оценка содержания Pb, Th и U с возможностью выбора стандартного образца и способа коррекции на дрейф; расчет коэффициента корреляции ошибок (два вида); расчет дискордантности (три вида); коррекция на обыкновенный свинец (четыре метода, в том числе метод Андерсена); построение диаграммы с конкордией, расчет конкордантного и средневзвешенного возраста, среднего квадрата взвешенных отклонений по отдельным образцам для быстрой оценки качества анализа.

Применение программы Gtail значительно сокращает время и трудозатраты персонала на обработку массива U-Th-Pb изотопно-геохронологических данных, а также минимизирует влияние на результат субъективных факторов при расчетах.

ПОДПИСКА-2022

Уважаемые подписчики!

Подписка на «Науку в Сибири» на первое полугодие 2022 года осуществляется через электронный каталог компании «Урал-Пресс» (www.ural-press.ru/catalog/rules). Агентство работает по всей России и за рубежом. Код нашего издания остался прежним — 53012.

Как подписаться

Группа компаний «Урал-Пресс» предоставляет максимально простую для кли-

ента процедуру оформления подписки. Вам даже не нужен доступ в интернет, достаточно воспользоваться телефоном. Вы можете позвонить по телефону 8 (499) 700-05-07 и, дождавшись ответа оператора либо набрав цифру 1 в тональном режиме, узнать телефон офиса «Урал-Пресс» в вашем городе, получить ответы на вопросы и помощь в оформлении заказа. Можно также скачать каталог и прайсы в разделе «Каталог» (www.ural-press.ru/catalog), выбрать издания и выслать спи-



сок любым удобным способом: по факсу либо по электронной почте.

Приглашаем наших читателей подписаться на первое полугодие 2022 года.