

---

ОРГАНИЗАЦИЯ  
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

---

DOI: 10.7868/S0869587315110043

Общеизвестно, что на нынешнем этапе развития научного знания многие открытия совершаются на стыке разных, иногда, казалось бы, достаточно далёких дисциплин. Огромный, насчитывающий десятилетия опыт осуществления комплексных исследований накоплен в Сибирском отделении РАН. Этому посвящена публикуемая ниже статья.

## МЕЖДИСЦИПЛИНАРНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ – ГЛАВНЫЙ ТРЕНД РАЗВИТИЯ НАУКИ В РОССИИ

*ИЗ ОПЫТА СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ АН СССР/РАН*

В.М. Фомин, В.И. Молодин, В.Д. Ермиков

8 декабря 2014 г. в Санкт-Петербурге, на заседании Совета по науке и образованию при Президенте РФ, посвящённом ходу реформ академической науки, В.В. Путин сделал ряд важных замечаний, касающихся роли и путей развития науки в нашей стране. В частности, он подчеркнул, что “культура и наука на протяжении столетий являются символом национального успеха, гордости, да и, можно сказать, величия России. И сейчас очень важно не просто сохранять, но и преумножать наши достижения”. И далее отметил: “Фундаментальная база, научные заделы – это важнейшие ресурсы развития страны, нужно ими эффективно распоряжаться... надо уже сейчас искать решения задач завтрашнего дня. Здесь вижу особую роль нашей академической науки”; “важнейшим направлением деятельности академических институтов должны стать *междисциплинарные исследования* (курсив наш – *авт.*), базисные возможности для этого созданы” [1].

Следует заметить, что ещё во времена становления Академии наук многие из первых её членов были естествоиспытателями-энциклопедистами. Так, Леонард Эйлер имел существенные результа-

ты в целом ряде математических дисциплин, включая теорию чисел, заложил основы комплексного анализа, вариационного исчисления, аналитической механики и, вместе с Даниилом Бернулли, – гидродинамики. Его математические исследования были тесно связаны с практическими проблемами механики, баллистики, картографии, кораблестроения, навигации.

Целую эпоху в российской науке составила деятельность академика Михаила Васильевича Ломоносова. Он обогатил её фундаментальными открытиями в области химии, физики, астрономии, геологии, географии, внёс большой вклад в разработку истории и языкознания.

По инициативе Российской академии наук были осуществлены комплексные экспедиционные исследования – Великая Северная (1733–1742) и две академические Камчатские экспедиции 1760–1770-х годов. Капитальные труды их участников И.Г. Гмелина, С.Г. Гмелина, Д.Г. Мессершмидта, Г.Ф. Миллера, С.П. Крашенинникова, С.П. Палласа сыграли выдающуюся роль в развитии географии, биологии, этнографии, археологии, истории и культуры народов России и



ФОМИН Василий Михайлович – академик, научный руководитель Института теоретической и прикладной механики им. С.А. Христиановича СО РАН, заместитель председателя СО РАН. МОЛОДИН Вячеслав Иванович – академик, заместитель директора Института археологии и этнографии СО РАН. ЕРМИКОВ Валерий Дмитриевич – кандидат геолого-минералогических наук, заведующий отделом инновационных программ Института геологии и минералогии им. В.С. Соболева РАН. fomin@itam.nsc.ru; molodin@archaeology.nsc.ru; ermikov@igm.nsc.ru



Академик Валентин Афанасьевич Коптюг

были высоко оценены в Европе, открыв европейским исследователям малоизвестные территории, по существу, шестую часть нашей планеты. Эти достижения позволили молодой Российской академии наук быстро занять достойное место среди научных учреждений Европы.

Естественно, за прошедшие с тех пор два с половиной века наука в мире кардинальным образом изменилась. Число учёных и развиваемых ими научных направлений увеличились многократно, а количество объектов исследований приближается к бесконечности. На фоне резко возросшей специализации (по многим направлениям число специалистов в мире измеряется единицами) прослеживается всё более явная тенденция использования при решении сложных задач методов и результатов, полученных в смежных областях знаний.

Богатый опыт успешных фундаментальных исследований на стыке различных дисциплин накоплен в отечественной науке. Идеей новых возможностей, которые открываются благодаря междисциплинарным исследованиям, руководствовались основатели Сибирского отделения АН СССР академики М.А. Лаврентьев, С.А. Христианович, С.Л. Соболев, А.А. Трофимук при формировании в 1957 г. институтов в строившихся сибирских научных центрах (академгородках). Позднее эту идею развивали их последователи — академики Г.И. Марчук и В.А. Коптюг. Сегодня каждый из девяти научных центров СО РАН представлен мультидисциплинарным составом институтов. Направления их научной деятельности отчасти отражают специфику тех регионов, где они расположены, вместе с тем большинство институтов успешно работают в области фундаментальных исследований. В новосибирском Академгородке на ограниченной территории раз-

мещается половина научного потенциала СО РАН, здесь представлено большинство научных направлений, развиваемых в Российской академии наук.

Многие институты СО АН СССР задумывались как комплексные. В знаменитом Институте гидродинамики, носящем сегодня имя М.А. Лаврентьева, успешно развиваются глубокие математические исследования, физика взрыва с многочисленными приложениями, гидродинамика подземных и поверхностных вод и другие направления. В Институте химической кинетики и горения представителями школы академика В.В. Воеводского, ученика академика Н.Н. Семёнова, заложены основы новой области науки — спиновой химии, направленной на изучение магнитных и спиновых эффектов в химических реакциях (академики Ю.Н. Молин, Ю.Д. Цветков, Р.З. Сагдеев). Сотрудники этого института одними из первых в мире занялись проблемами физико-химической биологии (академик Д.Г. Кнорре). Институт геологии и геофизики, созданный академиком А.А. Трофимуком, сочетает в своей деятельности все основные направления геологии, геохимии и геофизики, представляя собой, по словам академика А.Л. Яншина, академию геологических наук.

Развиваемые на основе линейного программирования в Институте математики СО АН СССР исследования на стыке математики и экономики оказали значительное влияние на развитие экономической науки, открыв неразрывную связь оптимизационных решений и ценообразования, а также планирования и организации производства. Теоретические разработки академика Л.В. Канторовича, помимо экономики, нашли успешные применения в физике, энергетике, теории управления, геологии и других науках, за что учёный в 1975 г. был удостоен Нобелевской премии.

Особенности научных центров Сибирского отделения, а также воплощённые в жизнь Лаврентьевские принципы триединства, кратко сформулированные им как “наука—внедрение—кадры”, принесли сибирским академгородкам заслуженную славу в научных кругах не только нашей страны, но и за рубежом. Их стали копировать при строительстве научных центров во Франции (София-Антиполис), Японии (Цукуба), Южной Корее (Тэджон). Сегодня можно сказать, что междисциплинарные исследования были и остаются отличительной чертой Сибирского отделения на протяжении всех лет его существования.

Широкое развитие междисциплинарные исследования получили при реализации Программы научных исследований и разработок по комплексному использованию природных ресурсов и развитию производительных сил Сибири (программа “Сибирь”). Эта программа оказалась эф-

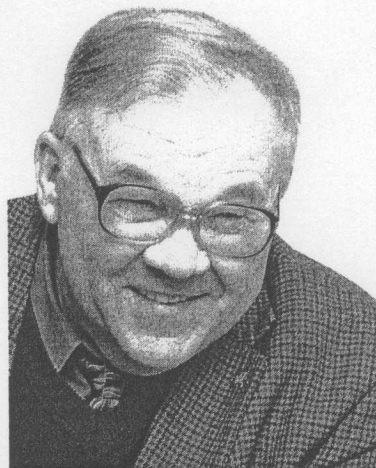


фективным и привлекательным для участников механизмом организации междисциплинарных исследований. Она была утверждена совместным постановлением ГКНТ СССР и Президиума АН СССР "как важнейшая долгосрочная научно-исследовательская программа государственного значения" и действовала с различной степенью интенсивности в течение 17 лет — с 1978 по 1995 г. В работе по программе приняли участие более 350 научно-исследовательских и проектно-конструкторских организаций 60 министерств и ведомств СССР и РСФСР. На Сибирское отделение АН СССР были возложены функции головного ведомства, главным координатором назначен академик А.А. Трофимук. Программа "Сибирь" обеспечила концентрацию потенциала академической, отраслевой и вузовской науки на главных направлениях научно-технического прогресса в регионе, способствовала совершенствованию сети научных учреждений и повышению эффективности их работы.

Среди крупных результатов хотелось бы назвать только два, эффективность которых в то время не могла быть в полной мере оценена. Первый — это открытие впервые в мире нефти и газа в древнейших докембрийских отложениях Восточной Сибири. Сегодня здесь околонулевые десятилетия крупнейших месторождений и начата подача углеводородного сырья по специально построенному трубопроводу "Восточная Сибирь — Тихий океан". Второй — спасение озера Байкал благодаря разработке и принятию Федерального закона о его охране, а также создание на уникальном озере международной научной "природной лаборатории". 25 кубических километров чистой воды озера — ценнейший ресурс, который будет только дорожать.

Широкое развитие междисциплинарных исследований получили в рамках 18 международных научных центров, организованных при содействии ГКНТ и МИДа СССР в конце 1980-х — начале 1990-х годов на базе ведущих институтов СО РАН, имеющих высокий международный рейтинг. Деятельность этих центров была направлена на изучение уникальных природных объектов в Сибири, таких как озеро Байкал, бореальные леса, вечная мерзлота и др.; реализацию совместных проектов с использованием крупных научных установок институтов СО РАН (солнечный радиотелескоп ИСЗФ, аэродинамические трубы ИТПМ, ускоритель на встречных пучках и лазер на свободных электронах ИЯФ и др.); создание новых технологий [2].

Идея создания в Сибири международных научных центров на правах открытых лабораторий вызвала за рубежом большой интерес. Разработки лучших зарубежных учёных-грантодержателей и самые современные приборы потекли в Россию. Например, соучредителями Байкальского между-



Академик Николай Леонтьевич Добрецов

народного центра экологических исследований на базе Лимнологического института в Иркутске стали: Сибирское отделение АН СССР/РАН, Королевский музей Центральной Африки (Бельгия), Лондонское королевское общество, Швейцарский федеральный институт окружающей среды и технологий, Университет Южной Каролины (США), Японская ассоциация международных байкальских исследовательских программ. За право работать на Байкале каждый из зарубежных соучредителей внёс первоначальный взнос в размере 100 000 долл. Совместные международные исследования дали быстрый видимый эффект. Количество международных экспедиций на Байкале выросло в разы. Число ссылок на статьи с ключевым словом "Байкал" в "Web of Science" за первые пять лет увеличилось с 2–3 до 100 и более в год. Широкую мировую известность получили труды других сибирских международных научных центров, в том числе Синхротронного излучения, Аэродинамических исследований в Новосибирске, Бореальных лесов в Красноярске, Солнечно-Земной физики в Иркутске. Правильно поставленная работа позволила привлечь в страну уважаемых учёных и финансирование. Этому следует учиться!

"Смутные времена" конца 1990-х — начала 2000-х годов заставили председателя СО РАН академика Валентина Афанасьевича Коптюга, по согласованию с общим собранием отделения, выделить из куцевого бюджета институтов часть средств, направив их на конкурс международных интеграционных программ. Такая процедура была возможна, поскольку со времени организации и до

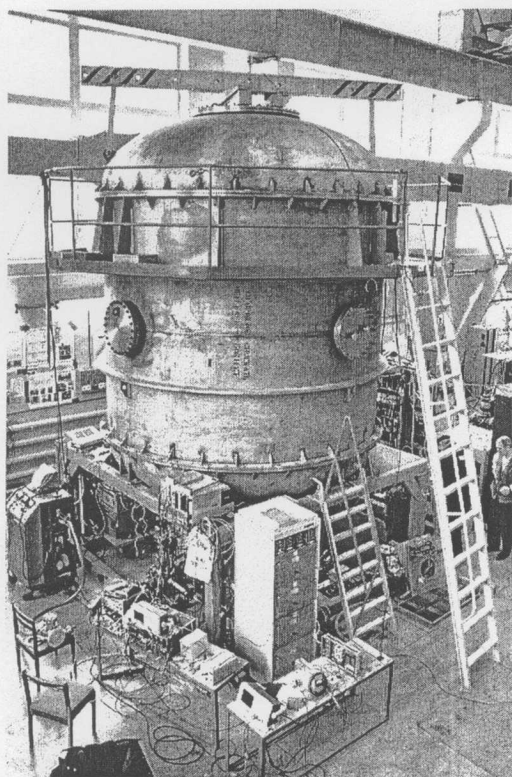


Рис. 1. Ускорительный масс-спектрометр (AMS), построенный ИЯФ СО РАН для ЦКП геохронологии кайнозоя

2013 г. Сибирское отделение РАН было вписано в государственный бюджет отдельной строкой как «главный бюджетополучатель».

В начале 1997 г. в Сибирском отделении произошла смена председателя. Новый председатель — академик Николай Леонтьевич Добрецов — провёл одно из первых заседаний Президиума в виде научной сессии, где были заслушаны результаты работ по международным интеграционным программам. В ходе состоявшейся после докладов дискуссии отмечалось, что существует два типа интеграционных работ. Как сказал академик А.С. Алексеев, есть работы, где общий результат является суммой результатов, полученных в рамках отдельных научных дисциплин, а есть исследования, где результат это не просто сумма, а своего рода синтезированный итог изысканий по двум или более направлениям науки. Учитывая, что на научной сессии наибольший интерес вызывали работы, которые носили мультидисциплинарный характер, председатель отделения предложил провести конкурс интеграционных проектов фундаментальных исследований СО РАН, не ограничивать их научную направленность, но финансировать только проекты с участием специалистов из разных областей знаний.

Первый конкурс междисциплинарных интеграционных проектов был организован в том же 1997 г. В соответствии с утверждённым Президиумом СО РАН положением, основным условием интеграционных проектов было решение крупных проблем на стыке наук и участие в исследованиях специалистов разных научных направлений. Проекты могли быть инициативными без ограничения перечня проблем, но с обязательной поддержкой учёных советов и долевым финансовым вкладом институтов по месту работы заявителей. Была создана конкурсная комиссия, включавшая членов Президиума СО РАН — руководителей объединённых учёных советов по направлениям наук, председателем которой стал академик В.М. Титов. Правила экспертизы и отбора проектов были в основном заимствованы из конкурсов РФФИ и INTAS. На первый конкурс было представлено 174 заявки. После экспертизы и рассмотрения проектов конкурсной комиссией были отобраны 43 из них, то есть грантами Президиума СО РАН была поддержана одна из четырёх заявок.

Важная особенность этого конкурса — выделение средств на создание институтами СО РАН уникального научного оборудования, которое невозможно было приобрести каким-либо иным путём. Последовательно в СО РАН были созданы:

- ряд целевых исследовательских станций при Центре синхротронного излучения Института ядерной физики им. Г.И. Будкера СО РАН (научный руководитель академик Г.Н. Кулипанов);
- Сибирский центр фотохимических исследований на базе лазера на свободных электронах ИЯФ и Института химической кинетики и горения СО РАН (научные руководители академик А.Н. Скринский и член-корреспондент РАН Н.А. Винокуров);
- гиперзвуковая аэродинамическая труба адиабатического сжатия — Институт теоретической и прикладной механики им. С.А. Христиановича, Институт гидродинамики им. М.А. Лаврентьева и СКБ гидроимпульсной техники СО РАН (научный руководитель профессор А.М. Харитонов);
- SPF-виварий Института цитологии и генетики СО РАН (научный руководитель профессор М.П. Мошкин);
- центр коллективного пользования геохронологии кайнозоя (рис. 1) — Институт археологии и этнографии, Институт геологии и минералогии, а также Институт ядерной физики им. Г.И. Будкера СО РАН (научный руководитель академик А.П. Деревянко).

Центры коллективного пользования СО РАН, обладающие уникальными аналитическими и методическими возможностями, сыграли важнейшую роль в реализации многих междисциплинар-



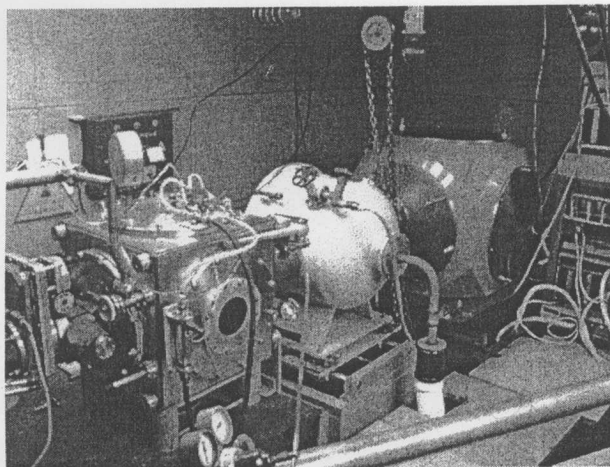
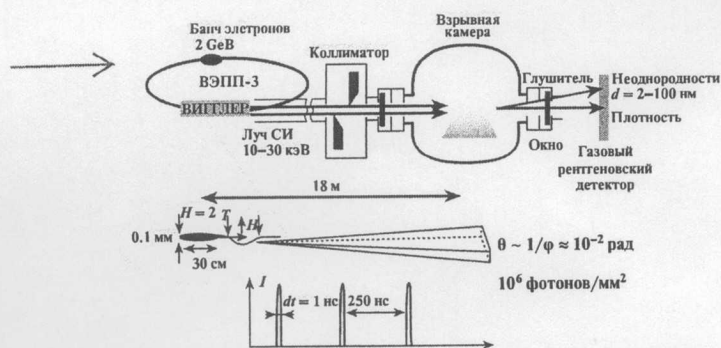


Рис. 2. Станция по исследованию динамических процессов с использованием синхротронного излучения (ИЯФ, ИГиЛ СО РАН), <http://ancient.hydro.nsc.ru/srexpl>

ных проектов. С использованием уникального оборудования (зачастую единственные экземпляры в нашей стране), были получены результаты мирового уровня.

Так, сотрудники трёх институтов СО РАН — Института гидродинамики им. М.А. Лаврентьева, Института химии твёрдого тела и механохимии и Института ядерной физики им. Г.И. Будкера — используя источник синхротронного излучения, исследовали поведение кристаллической решётки взрывчатых веществ и конденсированных наночастиц во время детонации, что не удавалось сделать никому в мире. На основе данных по рентгенографии взрыва усовершенствован метод определения механических параметров детонационного течения, который позволяет бесконтактно регистрировать пространственные распределения плотности, массовой скорости, давления и скорости звука. Схема эксперимента и внешний вид станции приведены на рисунке 2.

Гиперзвуковая аэродинамическая труба АТ-303 по своим параметрам на то время не имела аналогов в мире (рис. 3). Сотрудники западных научных центров считали необходимым прове-

рить свои результаты на высоких параметрах и поэтому приезжали работать или заказывали исследования, которые проводились на этой уникальной установке в их интересах. На АТ-303 были впервые в мире экспериментально показаны механизмы стабилизации ламинарного течения при гиперзвуковых скоростях, когда поверхность обтекаемого тела шероховатая по заданному закону.

Конкурсы междисциплинарных интеграционных проектов проводились Президиумом СО РАН трёхлетними циклами до 2013 г. Среди научного сообщества они имели огромный успех. К СО РАН быстро присоединились Дальневосточное и Уральское отделения РАН, затем академии наук Белоруссии, Киргизии и Украины, а также Монголии, Вьетнама и КНР (в рамках Ассоциации академий наук Азии, которая была организована в те же годы по инициативе СО РАН и АН Республики Корея). Для совместных конкурсов принятыми считались заявки, поддержанные экспертами с двух сторон. В работах по отдельным междисциплинарным научным проектам со своим финансированием приняли участие учёные и научные организации из Бельгии, Германии, США, Тайваня, Франции, Японии и ряда других стран.

\*\*\*

Результаты работ по междисциплинарным интеграционным проектам оформлены в серии “Интеграционные программы СО РАН” из 47 опубликованных к настоящему времени монографий. Многие зарубежные издательства, в том числе “Эльзевир”, интересуются возможностями перевода и издания этих работ на английском языке.

Результаты междисциплинарных исследований получили высокую оценку в нашей стране. За последние годы пяти сотрудникам Сибирского отделения РАН — академику В.И. Молодину и члену-корреспонденту РАН Н.В. Полосьмак, академику А.Н. Скринскому, члену-корреспонденту РАН А.Н. Винокурову, академику А.П. Деревянко — были присуждены Государственные премии России (нового образца) за выдающиеся достижения в области науки и технологий.

Приведём лишь некоторые примеры результатов междисциплинарных проектов, которые аккумулированы в коллективных монографиях, изданных за последнее десятилетие.

Программа “Глобальные и региональные изменения климата и природной среды позднего кайнозоя Сибири”. Исполнителями являлись сотрудники десяти институтов Сибирского отделения РАН: Археологии и этнографии, Геологии и минералогии им. В.С. Соболева, Нефтегазовой геологии и геофизики им. А.А. Трофимука, Геохимии им. А.П. Виноградова, Леса им. В.Н. Сукачёва,

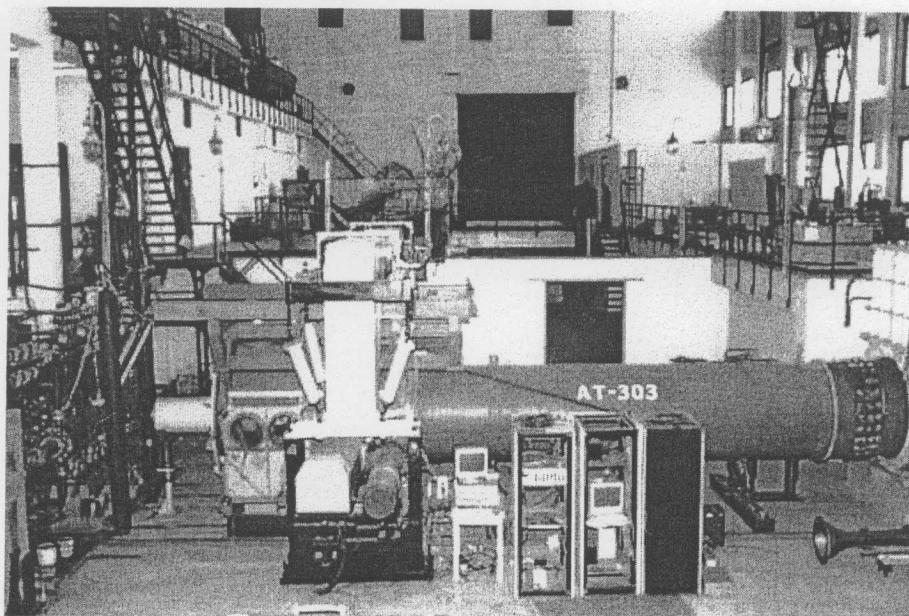


Рис. 3. Гиперзвуковая аэродинамическая труба адиабатического сжатия АТ-303 ИТПМ, ИГиЛ, СКТБ ГИТ СО РАН

Лимнологического, Ядерной физики им. Г.И. Будкера, Земной коры, Мерзлотоведения им. П.И. Мельникова, Вычислительного моделирования. Научными руководителями программы были академики Е.А. Ваганов, М.А. Грачёв, А.П. Деревянко, М.И. Кузьмин.

Исследования по программе продолжались с 1997 по 2007 г. За это время было выполнено несколько последовательных проектов: “Изменения климата и природной среды Сибири в голоцене и плейстоцене в контексте глобальных изменений”, “Основные закономерности глобальных и региональных изменений климата и природной среды в позднем кайнозое Сибири”, “Хронология и периодичность глобальных изменений климата и природной среды в позднем кайнозое Сибири и их воздействие на развитие человека”, “Эволюция природных процессов, человека и его культуры в позднем кайнозое Сибири и их влияние на стабильность эко- и геосистем”. Параллельно в эти же сроки с участием учёных из Японии (Японская ассоциация байкальских исследований программ) и США (Университет Южной Каролины) был осуществлён уникальный проект “Глобальные изменения во внутренней Азии и прогноз их развития на основе комплексных исследований озера Байкал (Байкал-бурение)”. В разных точках в донных осадках Байкала были пробурены скважины со сплошным отбором керна. Одна из них, пробурённая в 1998 г. на подводном Академическом хребте (рис. 4), превысила 600 м и дала уникальный ма-

териал по реконструкции климата за период более 10 млн. лет.

Следы разномасштабных изменений климата и природной среды были выявлены не только в донных осадках озера Байкал, но и в отложениях замкнутых озёрных котловин (таких как озеро Телецкое), в лёссово-почвенной последовательности, в торфяниках, в речных и озёрных образованиях, в геотермических записях, в древесно-кольцевых хронологиях и в археологических памятниках. Разновременные климатические события были всесторонне охарактеризованы комплексом методов на всех этих объектах.

Проведённые исследования свидетельствуют о глобальном характере климатических записей в Сибири, подтверждают общность хода и единый механизм климатических изменений как в средних широтах Северной Азии, так и всей планеты. Некоторые различия в структуре временных серий климатических последовательностей, полученных по разным данным, отражают неодинаковую чувствительность природных систем к орбитальному форсингу и другим климатическим факторам. Эти результаты убедительно свидетельствуют, что современное потепление имеет естественный характер, его уровень пока не превысил порога естественных изменений климата, происходивших в течение даже последних 1000 лет, а тем более всего четвертичного периода.

Несмотря на климатические колебания в верхнем плейстоцене, воздействовавшие на растительные и животные сообщества, районы Алтая и Забайкалья всегда представляли собой богатый



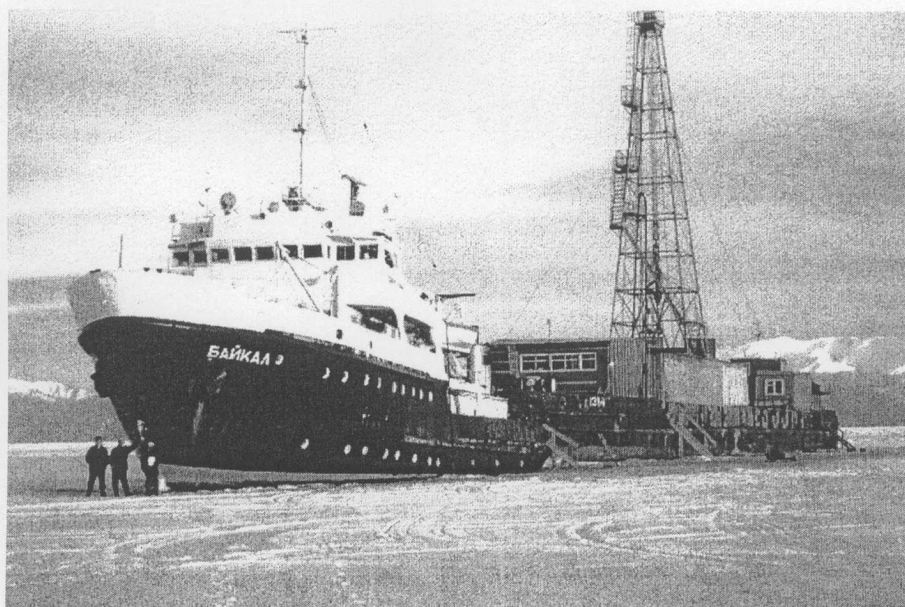


Рис. 4. Глубоководное бурение на Байкале зимой 1998 г.

ресурсный потенциал. На это указывает высокая плотность памятников различных эпох палеолита, особенно увеличивающаяся на заключительной стадии древнекаменного века [3].

**Программа “Население Южной Сибири: археологический, палеогенетический и антропологический аспекты”.** В рамках этой программы реализован ряд интеграционных проектов: “Биогенетический анализ генофонда древнего населения Сибири”, “Население Горного Алтая в эпоху раннего железного века как культурный феномен: происхождение, генезис, исторические судьбы (по данным археологии, антропологии, генетики)”, “Антропогенетические, экологические и социально-культурные составляющие этногенеза древнего населения Западной Сибири (IV—I тысячелетие до н.э.)”.

Получены принципиально новые данные, демонстрирующие генетический потенциал, особенности, социально-экономический уровень развития пазырыкской культуры, антропологический тип её носителей (VI—III вв. до н.э.). На принципиально новом уровне поставлены проблемы происхождения, генезиса и исторических судеб представителей пазырыкской культуры, разработана оригинальная концепция этногенеза населения Южной Сибири в эпоху раннего железного века [4].

По существу теми же методами исследованы памятники эпохи бронзы на территории Барабинской лесостепи. В результате интегрированного осмысления представительной базы источников, демонстрирующей феномен консервации автохтонных элементов в биологических характе-

ристиках населения, показан сложный, многокомпонентный состав древних популяций, выявлены существенные территориальные и культурные различия в направлениях этнических связей у населения данного региона Западной Сибири на протяжении почти 5 тыс. лет. В генетическом плане впервые вводятся в научный оборот принципиально новые данные. Они не ограничиваются изученным ареалом и дополняются масштабными сравнительными коллекциями, собранными на сопредельных территориях. Полученные результаты позволили авторскому коллективу поставить вопрос о происхождении, генезисе и исторических судьбах представителей культур IV—I тыс. до н.э. и выработать оригинальную концепцию этногенеза населения обширного региона Западной Сибири в эпоху бронзы [5].

Разработчиками данных проектов явились творческие коллективы Института археологии и этнографии и Института цитологии и генетики СО РАН. Кстати сказать, результатом этого многолетнего сотрудничества стало создание межинститутской лаборатории палеогенетики, оснащённой новейшей приборной базой и “чистыми комнатами”.

Замечательные результаты были получены в ходе изучения археологических источников методами естественных наук. Приведём лишь два примера. Творческими коллективами Института археологии и этнографии, Новосибирского института органической химии им. Н.Н. Ворожцова, Института катализа им. Г.К. Борескова, Центрального сибирского ботанического сада СО РАН изучены древнейшие ткани и войлока, най-

денные в “замерших” захоронениях пазырыкской культуры (VI–III вв. до н.э.). Полученные результаты являются настоящим открытием в этой области. Определены виды и источники древних красителей. Впервые проделана исследовательская работа по выявлению и характеристике древних красящих растений Алтая, что необходимо для оценки возможностей местной сырьевой базы с точки зрения окрашивания текстиля и других предметов материальной культуры пазырыкцев. Были идентифицированы все растительные остатки, выявлены красители неорганического происхождения. Важно подчеркнуть, что эти исследования проводились с использованием новейших физико-химических методов, они не имеют аналогов в мировой практике ни по кругу исследовательских задач, ни по комплексу методов их решения [6].

Не менее значимым явился проект в рамках интеграции исследователей академической и вузовской структур (Институт археологии и этнографии СО РАН и научно-образовательный центр “Молекулярный дизайн и экологические безопасные технологии” при Новосибирском государственном университете). Разработан оптимальный с точки зрения экономичности и информативности комплекс аналитических методов, направленных на изучение самого массового и значимого археологического источника, каким является древняя керамика. Выяснилось, что наилучшие результаты обеспечивает комбинация термогравиметрии, порошковой рентгенографии и петрографии. Для каждой из методик был отработан алгоритм проведения анализа. В качестве альтернативы общепринятому подходу, ориентированному на оценку температуры обжига, предложена интерпретация результатов, при которой значение имеет сравнительный анализ сохранности глинистых компонентов в формовочных массах керамики для определения качества обжига. Впервые в практике мировой науки создан банк данных результатов комплексного изучения образцов древней керамики Сибири, Зауралья и Дальнего Востока [7].

**Программа “Взаимодействие микроорганизмов и окружающей среды”.** Исследования по этой программе выполнялись в рамках двух междисциплинарных интеграционных проектов СО РАН: “Роль микроорганизмов в функционировании живых систем: фундаментальные проблемы и биоинженерные приложения” и “Организация живых систем и геохимическая эволюция гидротерм в зонах современной вулканической деятельности”. Творческий коллектив составили научные сотрудники девяти институтов СО РАН: Цитологии и генетики, Общей и экспериментальной биологии, Систематики и экологии животных, Лимнологического, Вычислительного моделирования, Геологии и минералогии им.

В.С. Соболева, Химической биологии и фундаментальной медицины, Биофизики, Катализа им. Г.К. Борескова, а также Сибирского федерального университета. Научные руководители работ — академики В.В. Власов, А.Г. Дегерменджи, Н.А. Колчанов, В.Н. Пармон.

Авторы представили результаты исследования микробных сообществ гидротерм Долины гейзеров и Байкальской рифтовой зоны. Наряду с характеристиками эубактерий, выделенных из гидротермальных источников, дано детальное описание геохимических особенностей исследованных гидротерм. Кроме того, были изучены микробные сообщества минерализованных озёр юга Сибири и Забайкалья, многолетнемерзлых пород плейстоцена. Рассмотрены общие проблемы экологической микробиологии, в том числе молекулярно-эволюционные механизмы и механизмы адаптации микробных сообществ к экстремальным факторам среды, роль микробиоты в возникновении первичных экосистем на Земле.

В области биотехнологической и медицинской микробиологии изучены наиболее эффективные бактериальные штаммы, используемые в переработке отходов с целью получения химических веществ. Анализировались проблемы молекулярной эпидемиологии ряда социально значимых заболеваний, включая механизмы возникновения лекарственной устойчивости и филогении туберкулёза; организации и функционирования паразитарных систем природно-очаговых трансмиссивных инфекций человека, обусловленных сложными биоценотическими связями между клещами-переносчиками, резервуарными хозяевами и собственно патогенными микроорганизмами.

Были также рассмотрены подходы к оптимизации метаболических процессов в бактериальной клетке на основе биоинформационных технологий и методов математического моделирования. Осуществлён компьютерный анализ и моделирование ряда молекулярно-генетических систем, в частности, процессов эволюции в семействах белоккодирующих генов архей рода *Picrosoccus* при адаптации к высоким давлениям океанических глубин; моделирование коэволюции одноклеточных гаплоидных организмов с помощью программного комплекса “Эволюционный конструктор”; на основе экспериментально-компьютерного моделирования проведён анализ молекулярных геносенсоров для детекции токсичности окружающей среды; для моделирования молекулярно-генетических систем разработан компьютерный ресурс “Генетический конструктор” и создана база элементарных моделей ферментативных реакций, протекающих в клетке *E. Coli* [8].



Проект “Разработка принципов и технологий создания наноструктурных состояний в поверхностных слоях и на внутренних границах раздела высокоресурсных конструкционных и функциональных материалов”. Этот интересный по своим результатам проект (научный руководитель академик В.Е. Панин) был выполнен в сотрудничестве механиков, химиков, физиков [9]. Проблемы пластической деформации и разрушения твёрдых тел до середины XX столетия рассматривались исключительно на основе феноменологических подходов механики сплошной среды, которые позволяли успешно решать широкий круг инженерных задач на макромасштабном уровне. Однако для понимания механизмов пластической деформации и разрушения необходимы новые подходы, учитывающие эффекты, которые проявляются на микромасштабном уровне.

Такой прорыв физиков в микромир произошёл в середине XX столетия. Это стало возможным, когда появилась электронная микроскопия, позволившая наблюдать на поверхности движения различных деформационных дефектов — дислокаций. Современная теория дислокаций в кристаллах позволила качественно объяснить многие закономерности поведения твёрдых тел в различных условиях нагружения. Однако рассчитать кривую напряжение—деформация на основе только микроскопических представлений теории дислокаций не удалось до сих пор. Нужно было искать нетрадиционный подход. Он формировался продолжительное время на основе накопления экспериментальных данных, которые не укладывались в общепринятые представления. Сотрудники шести институтов СО РАН (Физики прочности и материаловедения, Теоретической и прикладной механики, Гидродинамики им. М.А. Лаврентьева, Химии твёрдого тела и механохимии, Катализа им. Г.К. Борескова, Неорганической химии им. А.В. Николаева), объединённые одним общим интеграционным проектом, сформулировали теоретически и экспериментально обосновали принципиально новый подход к описанию нагруженного твёрдого тела как многоуровневой системы. Этот подход служит основой конструирования материалов новых поколений со сложной структурой и разработки технологий их получения, что в настоящее время находит своё место в практике.

Проект “Динамика структурно-фазовых состояний и фундаментальные основы синтеза наноконпозигов в кумулятивных потоках”. Исследование возможностей получения новых соединений и структурно-фазовых состояний в экстремальных условиях — одна из актуальных фундаментальных проблем физики твёрдого тела и современного материаловедения. Сотрудники семи институтов СО РАН (Гидродинамики им. М.А. Лаврентьева,

Физики прочности и материаловедения, Отдела структурной макрокинетики ТНЦ, Химии твёрдого тела и механохимии, Неорганической химии им. А.В. Николаева, Проблем химико-энергетических технологий, Вычислительной математики и математической геофизики) и Томского государственного университета рассмотрели обширный круг задач, связанных с новым динамическим методом решения указанной проблемы — кумулятивным синтезом. Этот способ синтеза основан на столкновении высокоскоростных пучков частиц — реагентов, которые формируются в результате детонации кумулятивных зарядов с порошковыми облицовками. По сути это новая технология, которая позволяет использовать широкий спектр химических элементов и их композиций, включая совмещение тяжёлых и лёгких элементов, что невозможно любыми другими методами. В результате взаимодействия были синтезированы различные кристаллические фазы. Развитие данного метода открывает, кроме того, перспективы получения высокотвёрдых покрытий [10].

Следует упомянуть об интеграции научных направлений, которые на первый взгляд кажутся достаточно далёкими, однако и такие проекты были удачно реализованы. Речь идёт о совместном проекте математиков и философов. Результатом этой работы стала объёмная монография академика Ю.Л. Ершова и профессора В.В. Целищева “Алгоритм и вычислимость в человеческом познании” (2012), в которой подводятся итоги исследований по проблемам алгоритмизации мышления, связанным с выяснением широко обсуждаемого вопроса “может ли машина мыслить?”. Математик и философ с единых позиций проанализировали все аспекты проблемы понимания деятельности, связанной с вычислимостью и компьютерными методами изучения возможностей мышления [11].

Накопленный успешный опыт трёхлетних циклов исследований по интеграционным междисциплинарным проектам имел дополнительный положительный эффект — концентрацию научного потенциала Сибирского отделения РАН на приоритетных направлениях. С 2004 г. отделение полностью перешло на программно-целевую конкурсную систему планирования НИР и распределения бюджетных средств. Благодаря новому подходу удалось добиться значительного укрупнения тематики научных исследований. Вместо 2500 разрозненных тем, которые институты СО РАН вели по “базовым” фундаментальным исследованиям, были сформированы 107 межинститутских исследовательских программ, включающих 515 проектов. Одновременно удалось на

20% сократить количество юридических лиц — научно-исследовательских, конструкторско-технологических и экспериментальных организаций.

\* \* \*

Созданный в середине XX в. на основе новаторских для того времени принципов, выдвинутых академиком М.А. Лаврентьевым и его сподвижниками, мультидисциплинарный научный кластер в Сибири эффективно работает более полувека. Он пережил “смену вех”, не потеряв своего лица, и успешно адаптировался к новым социально-экономическим условиям. Высокий научный уровень большинства институтов СО РАН признаётся международным научным сообществом (см. недавно опубликованный “Nature Index 2014 Global” [12]). Наряду с фундаментальными научными проблемами здесь успешно решаются многие другие задачи, тесно связанные с научной деятельностью и важные для развития страны. Среди них — связь с вузами и подготовка высококвалифицированных кадров для науки, образования и бизнеса, внедрение научных достижений в практику. Во многом этому способствовала сложившаяся матричная система управления развитием науки в регионе, органично сочетающая в себе академические традиции самоуправления (в качестве отделения Академии наук) и тесные связи научного руководства с властью. Последние осуществлялись через правительственные органы Российской Федерации (в 1957–1990 гг. СО АН СССР финансировалось из бюджета РСФСР) и взаимодействие на регулярной основе с руководством субъектов Федерации региона по договорам о сотрудничестве.

В сентябре 2013 г. Государственной думой РФ принят Федеральный закон № 253-ФЗ “О Российской академии наук, реорганизации государственных академий наук и внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации”, который в корне меняет организационную структуру науки в России, в том числе сложившуюся систему управления научными исследованиями.

После вступления закона в силу прошло два года. Относительно благополучно завершился процесс передачи институтов Академии наук под эгиду ФАНО России и их адаптация к новым условиям. Наступает период преобразований. В этот период мы считаем чрезвычайно важными заключительные слова В.В. Путина на упомянутом в начале статьи заседании Совета по науке и образованию, где рассматривался ход реформирования Российской академии наук: “Нам нужно... отыскать эту золотую середину, объединяя, но ничего не разрушая, не дай бог. Мы ещё в одном месте ничего, может быть, как следует, не создали, другое уже разрушили, то, что наработано там веками. Ни в коем случае этого делать не бу-

дем. Но сближать, взаимно дополнять друг друга не только возможно, а обязательно нужно делать, аккуратно, не разрушая, а только наращивая наши возможности” [1].

Любые реформы должны быть нацелены не только на создание нового, но и на сохранение эффективно действующего старого, его развитие в соответствии с изменившимися условиями. Система программно-целевых междисциплинарных интеграционных исследований СО РАН показала высокую результативность и хорошую адаптивность к меняющейся социально-экономической обстановке. С учётом накопленного опыта, в условиях преобразования нормативно-правовой базы науки активизация усилий государства и учёных в этом направлении может стать главным трендом развития научных исследований в России на ближайшее время.

Этот путь не требует принципиального увеличения бюджетных ассигнований и крупных структурных преобразований. Междисциплинарные интеграционные проекты ориентированных исследований, проводимых на конкурсной основе, могут стать современным инструментом объединения творческих усилий специалистов разных дисциплин для решения сложнейших приоритетных задач фундаментальной и прикладной науки. Опыт показывает, что при введении таких конкурсов в систему резко повышается публикационная активность учёных, а по многим направлениям удаётся достичь прорыва, “обогнать, не догоняя” мировую науку.

В качестве предложения назовём несколько направлений, по которым Федеральное агентство научных организаций в тесном сотрудничестве с Российской академией наук (с региональными отделениями РАН — в качестве пилотного проекта) может быстро реализовать конкурсы междисциплинарных интеграционных исследований по приоритетным направлениям.

1. *Проекты международных междисциплинарных интеграционных исследований:*

на крупных российских научных установках;

- по изучению уникальных природных ресурсов на территории России;

- на уникальных археологических памятниках культурного наследия;

- как часть крупных международных научных программ, таких как мониторинг парниковых газов, изучение динамики озонового слоя Земли и др.

В отличие от реализуемых сегодня инициатив, организация такого конкурса в России будет способствовать равноправному объединению усилий учёных разных стран в рамках исследовательских



проектов по актуальным проблемам современной науки. Этому способствует ряд обстоятельств:

- многие институты РАН достигли высокого уровня исследований и стали лидерами по отдельным направлениям мировой науки [12];
- ряд институтов РАН обладает исследовательскими установками национального масштаба, работа на которых привлекательна для иностранных учёных;
- логика исследований уникальных природных объектов России, таких как вечная мерзлота, озеро Байкал, бореальные леса и некоторых других, требует привлечения многих современных методов, которыми не всегда обладают российские учёные;
- совместные исследования в России привлекают зарубежных учёных относительной дешевизной работ на дорогостоящих установках и уникальных природных и культурных объектах, мобильностью структуры, а также возможностью прямых контактов с российскими коллегами;
- для российской науки такая форма сотрудничества привлекательна тем, что создаёт приток в Россию лучших зарубежных разработок и современных приборов, обеспечивает некоторый дополнительный источник финансирования (за счёт зарубежных грантов), а также позволяет более эффективно осуществлять подготовку молодых научных работников;

Сибирское отделение РАН обладает длительным положительным опытом подобного международного сотрудничества.

2. *Междисциплинарные программы национального масштаба* с исполнителями в составе институтов региональных научных центров — академгородков, наукоградов и т.п., например:

- “Силовая электроника” (Новосибирский и Красноярский научные центры СО РАН, в стадии реализации с 2005 г.);
- “Аддитивные технологии: сырьё — источники энергии — системы интеллектуального управления — системы позиционирования и координатной развёртки” (Новосибирский и Томский научные центры СО РАН).

3. *Междисциплинарные ориентированные фундаментальные исследования* в составе инновационных программ, имеющих перспективу быстрой окупаемости (совместно с крупными корпорациями), например:

- импортозамещение катализаторов и технологий в отечественной нефте-газопереработке и нефтегазохимии;
- научное обеспечение строительства завода по выделению гелия на Ковыктинском газоконденсатном месторождении;

- производство принципиально новых отечественных лекарств (тромбовазин, таблеточный инсулин и др.);

- обеспечение условий создания продукции для высокотехнологичных отраслей Российской Федерации на основе редкоземельных элементов месторождения Томтор;

- обоснование создания ассортимента новых видов продукции для высокотехнологичной промышленности на базе попидайского алмазно-лонсдейлитового сырья;

- замена малых котельных ЖКХ на блочные на базе каталитического сжигания отходов углеобогащения, угольного метана, водоугольного топлива.

В настоящее время Минобрнауки России активно готовит новый вариант программы фундаментальных исследований в Российской Федерации на долгосрочный период, где предполагается переход от “директивной” системы управления фундаментальной наукой к “сетевой” модели организации исследований. При чтении этого проекта программы создаётся впечатление, что всё будет хорошо: кто должен умереть, тот умрёт, а кто должен жить, будет жить. Но, как всегда бывает, дьявол скрывается в мелочах, которые не оговариваются. Как эта задача будет решаться? Вопрос очень непростой. В Сибирском отделении РАН мы уже многое прошли и достаточно успешно. Почему не воспользоваться этим положительным опытом?!

Работа выполнена при поддержке гранта РНФ, проект № 14-50-00036.

## ЛИТЕРАТУРА

1. kremlin/news/47196 — Президент России.
2. Ермиков В.Д. Международные научные центры в Сибири // Наукосведение. 2001. № 3.
3. Глобальные и региональные изменения климата и природной среды позднего кайнозоя в Сибири / Отв. ред. А.П. Деревянко. Интеграционные проекты СО РАН. Вып. 16. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2008.
4. Население Горного Алтая в эпоху раннего железного века как этнокультурный феномен: происхождение, генезис, исторические судьбы (по данным археологии, антропологии, генетики) / Отв. ред. В.И. Молодин. Интеграционные проекты СО РАН. Вып. 1. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2003.
5. Мультидисциплинарные исследования населения Барабинской лесостепи IV—I тыс. до н.э.: археологический, палеогенетический и антропологический аспекты / Отв. ред. В.И. Молодин. Интеграционные проекты СО РАН. Вып. 46. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2013.

6. Текстиль из “замерших” могил Горного Алтая IV–III вв. до н.э. (опыт междисциплинарного исследования) / Отв. ред. Б.А. Литвинский. Интеграционные проекты СО РАН. Вып. 5. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2006.
7. Физико-химические исследования керамики (на примере изделий переходного времени от бронзового к железному веку) / Отв. ред. В.В. Болдырев, В.И. Молодин. Интеграционные проекты СО РАН. Вып. 6. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2006.
8. Роль микроорганизмов в функционировании живых систем: фундаментальные проблемы и биоинженерные приложения / Отв. ред. В.В. Власов, А.Г. Дегерменджи, Н.А. Колчанов, В.Н. Пармон, В.Е. Репина. Интеграционные проекты СО РАН. Вып. 28. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2010.
9. Поверхностные слои и внутренние границы раздела в гетерогенных материалах / Отв. ред. В.Е. Панин. Интеграционные проекты СО РАН. Вып. 8. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2006.
10. Динамика структурно-фазовых состояний и фундаментальные основы кумулятивного синтеза нанокompозитов / Отв. ред. В.К. Кедринский, С.Г. Псахье. Интеграционные проекты СО РАН. Вып. 42. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2012.
11. *Ершов Ю.Л., Целищев С.С.* Алгоритмы и вычислимость в человеческом познании / Отв. ред. К.Ф. Самохвалов, А.С. Морозов. Интеграционные проекты СО РАН. Вып. 40. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2012.
12. *Campbell N., Grayson M.* Nature Index 2014 Global. Nature 515. 2014. 13 November.