

Экспресс-информация

УДК 061.62

Перспективы развития Лаборатории изменений климата и окружающей среды ААНИИ Росгидромета после получения гранта Российского научного фонда

© 2014 г. В.Я. Липенков, А.А. Екайкин, Ю.А. Шибаев, И.А. Алехина, А.В. Преображенская, А.В. Козачек, Д.О. Владимирова

Арктический и Антарктический научно-исследовательский институт, Санкт-Петербург
lipenkov@aari.ru

The prospective development of Climate and Environmental Research Laboratory of AARI, Roshydromet, after gaining the grant of Russian Science Foundation

V.Ya. Lipenkov, A.A. Ekaykin, Yu.A. Shibaev, I.A. Alekhina, A.V. Preobrazhenskaya, A.V. Kozachek, D.O. Vladimirova
Arctic and Antarctic Research Institute, Sankt-Petersburg

Статья принята к печати 8 октября 2014 г.

*Геохимические методы, ледяные керны, научно-исследовательская лаборатория, окружающая среда, палеоклимат, развитие, Российский научный фонд.
Development, environment, geochemical methods, ice cores, paleoclimate, research laboratory, Russian Science Foundation.*

Кратко освещены история создания и задачи первой в России научно-исследовательской лаборатории, специализирующейся на комплексном изучении ледяных кернов, палеоклимата и подледниковых озёр Антарктиды. Представлены перспективы развития лаборатории в свете получения гранта Российского научного фонда.

In this article we briefly outlined the main milestones of the establishment of the first Russian research laboratory dedicated to the complex study of ice cores, paleoclimate and Antarctic subglacial lakes. The prospective development of the laboratory, supported by the grant from Russian Science Foundation, is also discussed.

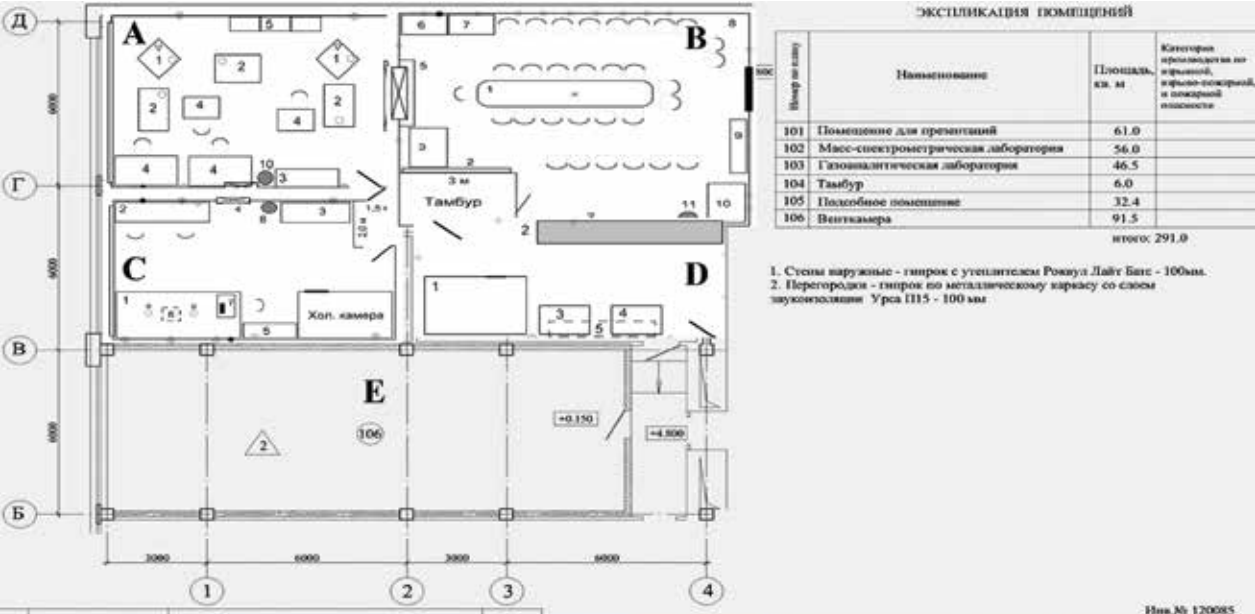
Лаборатория изменений климата и окружающей среды (ЛИКОС) была официально открыта в Арктическом и Антарктическом научно-исследовательском институте 11 ноября 2010 г. и, таким образом, представляет собой относительно молодое подразделение института. Созданию лаборатории предшествовала долгая история, начавшаяся в 1960-х, когда сотрудниками отдела географии полярных стран был задуман и начал реализовываться проект глубокого бурения льда на антарктической станции Восток.

Исследования полученного ледяного керна позволили количественно реконструировать изменения климата и газового состава атмосферы Земли за последние 420 тыс. лет и внесли фундаментальный вклад в понимание механизмов эволюции географической оболочки нашей планеты. Обнаружена тесная связь между глобальными изменениями климата и концентрацией диоксида углерода и метана в атмосфере Земли. Благодаря изучению ледяных кернов Востока эта связь была впервые прослежена на протяжении четырёх больших (100-тысячелетних) климатических циклов. Климатические ряды, полученные по ледяному керну со станции Восток, продемонстри-

ровали беспрецедентность современных высоких концентраций парниковых газов в атмосфере, что было учтено при анализе причин глобальных климатических изменений в отчётах Межправительственной группы экспертов по изменению климата МГЭИК/IPCC (www.ipcc.ch/report/ar5/wg1/).

Вместе с тем, с сожалением отметим, что успехи российских буровиков и гляциологов в то время не были должным образом использованы для развития современных аналитических методов исследования ледяных кернов в нашей стране. Большинство анализов уникальных образцов льда с российской антарктической станции проводилось во французских и американских лабораториях в рамках российско-франко-американского сотрудничества на станции Восток (1989–1998 гг.), что отрицательно сказывалось на развитии собственной лабораторной базы, ограничивало возможности планирования работ и ставило под сомнение приоритет российских учёных в исследованиях керна с Востока.

Ситуацию удалось изменить в период Международного полярного года (МПГ 2007/08). В 2008 г. ААНИИ обратился в Росгидромет с инициативой создания на базе института специализированной



аналитической лаборатории международного класса для проведения исследований ледяных кернов и подледникового озера Восток, а также выполнения работ, связанных с решением задач мониторинга окружающей среды, входящих в сферу деятельности Росгидромета. В июле 2008 г. эта инициатива была поддержана Росгидрометом. Начало реализации проекта создания в ААНИИ Лаборатории изменений климата и окружающей среды было положено в 2009 г. благодаря получению целевого финансирования в размере 22,6 млн руб. из средств федерального бюджета, выделенных на заключительную фазу МПГ. Дополнительное финансирование проекта в размере 6,2 млн руб. было предоставлено из средств института. Работы по реконструкции помещения и монтажу лабораторной инфраструктуры были завершены к концу 2010 г., а уже осенью 2011 г. в ЛИКОС начались изотопные исследования ледяного керна со станции Восток.

В настоящее время ЛИКОС — единственная в нашей стране аналитическая лаборатория, специализирующаяся на исследовании ледяных кернов, полученных на полярных и горных ледниках. Научная деятельность ЛИКОС в основном связана с изучением прошлых изменений климата разных временных масштабов по данным ледяных кернов, а также с комплексными исследованиями уникального подледникового озера Восток в Антарктиде.

К важнейшим направлениям деятельности лаборатории относятся: 1) разработка новых методов изотопных и газовых анализов льда для исследований климата и окружающей среды с использованием новейших технологий; 2) совершенствование существующих и разработка новых методов интерпретации результатов аналитических исследований ледяных кернов с целью количественной реконструкции прошлых изменений климата; 3) подготовка молодых специалистов-исследователей международного класса на базе лаборатории в тесном взаимодействии с заинтересованными вузами.

До 2014 г. лаборатория выполняла основной объём аналитических работ, связанных с изуче-

нием палеоклимата и подледникового озера Восток в рамках проекта «Комплексные исследования уникального подледникового озера Восток, включающие проникновение в озеро с отбором проб озёрной воды, и гляциологические исследования Антарктики» подпрограммы «Изучение и исследование Антарктики» ФЦП «Мировой океан». После приостановки финансирования работ по ФЦП в 2014 г. отдельные исследования в этом направлении были продолжены, хотя и в существенно сокращённых объёмах, в рамках плана НИОКР Росгидромета и проектов Российского фонда фундаментальных исследований.

ЛИКОС ААНИИ — головная организация с российской стороны в Международной ассоциированной лаборатории (МАЛ) «Ледниковые архивы данных о климате и окружающей среде», которая объединяет четыре французских и пять российских научно-исследовательских групп и служит своего рода международным центром коллективного пользования. В рамках научной программы МАЛ в ЛИКОС проводятся детальные изотопные анализы керна, полученного из скважины глубиной 182 м, которая была пробурена специалистами Института географии РАН на Западном ледниковом плато горы Эльбрус, а также ледяного керна из пункта «Пойнт Барнола», полученного французскими специалистами в Центральной Антарктиде.

На базе лаборатории выполняют совместные исследования ААНИИ, МГУ, ИГ РАН и ТюмГНГУ (Тюменский государственный нефтегазовый университет) по проекту Международного агентства по атомной энергетике (МАГАТЭ) «Стабильные изотопы воды в криосфере северной Евразии», а также исследования по мониторинговым программам МАГАТЭ-ВМО «Глобальная сеть изотопов в осадках и реках» (ГСИО и ГСИР). ЛИКОС поддерживает тесные контакты с Изотопной лабораторией МАГАТЭ в Вене, которая поставяет международные изотопные стандарты и обеспечивает проведение интеркалибровочных работ на международном уровне.

Общая площадь помещений ЛИКОС около 300 м². В состав лаборатории входят (рисунок)

План-схема (вверху) и внешний вид (внизу) основных помещений ЛИКОС ААНИИ.

A — масс-спектрометрическая лаборатория; B — помещение для семинаров и презентаций; C — газоаналитическая лаборатория; D — складское помещение и холодильные камеры для хранения ледяных кернов и работы с ними; E — системы вентиляции, очистки воздуха и поддержания заданных параметров температурного и влажностного режима в помещениях лаборатории

Outline (upper) and appearance (lower) of the main rooms in the Climate and Environmental Research Laboratory — CERL of AARI.

A — mass-spectrometric lab; B — seminar room; C — gas lab; D — storage and cold rooms for ice core storage and processing; E — supporting systems (ventilation, microclimate, UPS etc.)

масс-спектрометрическая и газоаналитическая лаборатории (А, С), которые соединяются переходным тамбуром с помещением для семинаров и презентаций (В) и подсобным помещением (D). В помещении вентиляционной камеры (Е) расположены системы бесперебойного электропитания, подачи сжатого воздуха, кондиционирования и очистки воздуха от микрочастиц и агрессивных газов (класс 8 ИСО), которые обеспечивают в помещениях масс-спектрометрической и газоаналитической лабораторий стабильные чистые условия работы аналитического оборудования при температуре 22 ± 2 °С и влажности воздуха $60 \pm 10\%$.

Инфраструктурное оборудование ЛИКОС включает в себя морозильную камеру (-20 °С), низкотемпературную лабораторию площадью $8,2$ м², предназначенную для исследования и подготовки образцов снега, фирна и льда, четыре морозильных ларя (от -20 до -45 °С) для хранения образцов и выполнения лабораторных исследований. Лаборатория оснащена лазерным изотопным анализатором фирмы Picaag L2120-*i*, а также классическим IRMS масс-спектрометром Delta V Plus фирмы Thermo Scientific. Изотопный анализатор Picaag позволяет с высокой производительностью определять изотопный состав (относительную концентрацию дейтерия и кислорода-18) льда и любых природных вод, а также водяного пара атмосферы. Масс-спектрометр Delta V Plus после его предстоящей доукомплектации позволит измерять изотопный состав водорода, кислорода, азота, углерода и серы в органических и неорганических образцах из различных природных сред.

В ЛИКОС хранится постоянно пополняемая коллекция образцов снега, льда и воды из Антарктики и других регионов планеты общим числом более 9 тыс. единиц. Большое число уникальных образцов, отобранных по целевым программам, позволяет начинающим специалистам, проходящим практику в лаборатории под руководством сотрудников ЛИКОС, получать уже в самом начале своей научной карьеры значимые научные результаты, достойные публикации в ведущих научных журналах.

В 2014 г. Лаборатория изменений климата и окружающей среды ААНИИ Росгидромета получила грант вновь образованного Российского научного фонда (РНФ) по конкурсу «Проведение фундаментальных и поисковых научных исследований коллективами существующих научных лабораторий». ЛИКОС оказалась единственной лабораторией в структуре Министерства природных ресур-

сов и экологии, получившей грант РНФ по этому конкурсу, что можно считать большим успехом не только ААНИИ, но и всего Росгидромета.

Проект 14-27-00030 под названием «Эволюция климата, оледенения и подледниковой среды Антарктиды по данным исследований ледяных кернов и проб воды озера Восток», получивший грант, рассчитан на три года (2014–2016 гг.) с возможностью продления финансирования ещё на два года. В ходе реализации этого проекта планируется завершить разработку ряда новых методов палеоклиматических исследований, использование которых позволит значительно увеличить объём и улучшить качество информации о прошлых изменениях климата, получаемой по данным исследования ледяных кернов. К ним относятся: новый метод изотопного датирования льда, основанный на одновременном использовании двух независимых индикаторов местной инсоляции – общего газосодержания льда и соотношения O_2/N_2 в захваченном льдом воздухе; усовершенствованный метод реконструкции температуры воздуха, основанный на использовании сразу трёх изотопов воды (дейтерия, кислорода-18 и кислорода-17) и учитывающий постдепозиционные процессы в снежном покрове; метод реконструкции высоты поверхности ледникового покрова по данным об изотопном составе льда и его газосодержании, учитывающий недавно обнаруженную зависимость газосодержания льда от местной инсоляции.

Вновь разработанные методы палеоклиматических реконструкций будут использованы для получения новых и уточнения существующих данных о прошлых изменениях климата (температура воздуха, количество осадков) и мощности ледникового покрова Восточной Антарктиды за последние 400 тыс. лет по результатам исследований ледяных кернов из глубокой скважины на станции Восток, а также кернов, полученных в других пунктах Восточной Антарктиды (Купол С, Купол Фуджи, станция Конен). Сравнение откорректированных и заново датированных палеоклиматических рядов ледяных кернов с расчётными кривыми инсоляции и независимо датированными изотопными кривыми морских осадков позволит уточнить фазовые соотношения между вариациями основных климатообразующих факторов и характеристик климата и природной среды Антарктиды, что приблизит нас к пониманию механизмов глобальных климатических изменений.

При выполнении проекта планируется также разработать и применить на практике способ опре-

деления основных параметров гидрологического режима подледникового озера Восток по данным об изотопном и газовом составе керна озёрного льда и проб озёрной воды, поднятых из скважины на станции Восток. Полученные новые знания о гидрологическом режиме озера будут использоваться для разработки проекта прямых исследований его водной толщи с помощью зондирующих и пробоотборных аппаратов, спускаемых в озеро в специальном доставочном устройстве через глубокую скважину на станции Восток. По результатам выполненных в рамках проекта исследований планируется публикация 26 научных статей в ведущих российских и международных журналах.

Значительная часть средств, выделенных Фондом для ЛИКОС (58,5 млн руб. в течение трёх лет), пойдет на дооснащение лаборатории аналитическим оборудованием и оборудованием для пробоподготовки. Будет проведена доукомплектация базового прибора Delta V Plus системой двойного напуска, а также периферийным оборудованием GasBench II. Это позволит проводить в ЛИКОС измерения кислорода-18, дейтерия и кислорода-17 в пробах воды, загрязнённых заливочной жидкостью, и измерения соотношения O_2/N_2 в пробах атмосферного воздуха, экстрагированного из льда с помощью установки STAN-2. В 2015 г. планируется закупка нового лазерного масс-анализатора Picarro L2140-*i*, который позволит проводить измерения концентрации изотопа кислорода-17 в чистых пробах воды, а также увеличить точность стандартных измерений кислорода-18 и дейтерия в 5 раз, что необходимо для анализа низкоамплитудных вариаций изотопного состава во льду озера Восток.

Расширение приборной базы ЛИКОС даст возможность не только успешно выполнить задачи данного конкретного проекта РНФ, но и обеспечит хорошую долговременную перспективу развития лаборатории, будет способствовать выполнению на высоком международном уровне аналитических исследований в рамках текущих и будущих тем ААНИИ, связанных с изучением изменений климата и подледниковых озёр Антарктиды. Научная деятельность ЛИКОС в указанных направлениях будет способствовать закреплению позиций Российской Федерации в Антарктике и повышению престижа российской науки в результате получения научных результатов международного значения в приоритетных направлениях антарктических исследований, сформулированных

в «Стратегии развития российского присутствия в Антарктике на период до 2020 г. и на более отдалённую перспективу».

Summary

In November 2010 a new research unit was inaugurated in Arctic and Antarctic Research Institute (St. Petersburg) – Climate and Environmental Research Laboratory (CERL) – that became the first lab in Russia dedicated to the complex studies of ice cores, paleoclimate and subglacial environments in Antarctica. The total investments to construct the laboratory were 28.8 million rubles, provided by Roshydromet and AARI in frames of implementing the program of International Polar Year. The total area of the laboratory is about 300 m² that includes mass-spectrometric and gas analyses labs, cold chambers and utility rooms. The CERL's equipment comprises laser stable water isotope analyzer Picarro L2120-*i*, IR mass-spectrometer Delta V Plus, system of gas extraction from ice, facilities for ice petrographic observations, for ice core treatment and storage. Before 2014 CERL was the head unit in the project «Complex studies of Lake Vostok and glaciological investigations of Antarctica» of the sub-program «Antarctica» of the FTP «World Ocean». Now CERL is the leading organization in International Associated Laboratory «Ice archives of climatic and environmental data» that combines 4 French and 5 Russian scientific research groups. In 2014 the specialists of CERL won a grant of Russian Science Foundation for fundamental scientific works implemented by operating research laboratories. Project 14-27-00030 «Evolution of climate, glaciation and subglacial environments of Antarctica from the deep ice core and Lake Vostok water sample studies» (2014–2016) is intended to refine the reconstruction of Antarctic climate history over the past 400,000 years using the newly developed geochemical methods of ice core studies. Another goal is to develop the approaches to study the hydrological parameters of subglacial Lake Vostok using the samples of lake ice and water. The funding to be received through the grant (58.5 million rubles) will be mainly spent to develop the analytical infrastructure of the laboratory. In particular, we plan to equip the «Delta» with the dual inlet system and «Gas Bench II» device, as well as to purchase the new generation of laser isotope analyzer, Picarro L2140-*i*. This will allow us to measure precisely the concentrations of deuterium, oxygen 18 and 17 in water, snow and ice samples, to define the O_2/N_2 ratio in the gas probes, as well as to develop new methods of ice core analyses.