

## Отчет о работе лаборатории 5-2 Института ядерной физики в 2004 г.

Основная направленность исследований по электронному охлаждению определялась выполнением контрактов на изготовление двух установок электронного охлаждения ЕС-300 для IMP (Китай, Ланчжоу) и ЕС-40 для LEIR (CERN, Женева). Был произведен успешный запуск установки ЕС-300 с энергией электронного пучка до 300 кВ в Китае (IMP, Ланчжоу), изготовленной в ИЯФ и поставленной в конце 2003 года в Ланчжоу. Общий вид установки ЕС-300 на проектном месте кольца CSRe показан на рис. 1.

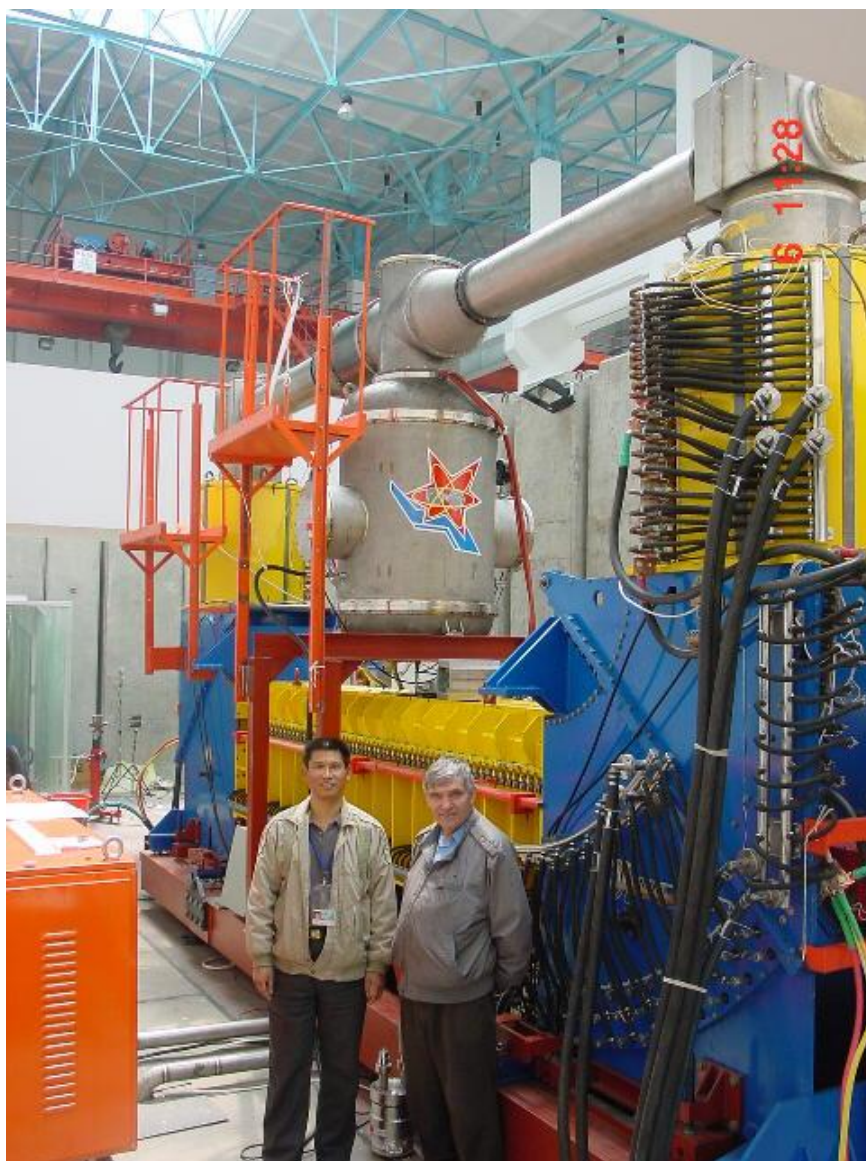


Рис. 1. Общий вид установки ЕС-300 в IMP, Ланчжоу после испытаний

Велось изготовление электронного охладителя для накопительного кольца LEIR (CERN, Женева). Особенностью этой установки является высокое требование на вакуум ( $10^{-12}$  Торр). Материалы и некоторые комплектующие на вакуумную систему поставлялись из CERN. В связи с задержками поставок и проблемами изготовления произошла задержка, примерно, на 3 месяца. Запуск и наладка установки проходили в сильно авральном режиме, но в результате, она все же была доставлена в ЦЕРН (в середине декабря 2004 года). В 2005 года нужно будет собрать и запустить установку уже в накопительном кольце LEIR. Общий вид установки ЕС-40 после завершения испытаний в ИЯФ показан на рис. 2.



Рис. 2. Установка электронного охлаждения EC-40 для LEIR (CERN)

Много усилий было потрачено на разработку новых вариантов электронных охладителей для различных лабораторий (но по конкретным контрактам с этими лабораториями). Для GSI (Германия) была завершена физическая разработка 8 МэВ-ного охладителя для антипротонного комплекса HESR. Продолжением этой работы является разрабатываемый нами в 2005 г. проект охладителя на 2 МэВ для COSY (Германия). Предполагается, что он может послужить промежуточной ступенью на пути к 8 МэВ-ному охладителю. Была проведена довольно большая работа по физическому проекту охладителя на 500 кэВ для накопительного кольца NESR (GSI, Германия). Хотя базой для этих разработок явился 300 кэВ-ный охладитель, но новые требования к будущим манипуляциям пучками потребовали существенной модернизации проекта. Когда нужно будет приступать к реальному проектированию и изготовлению охладителя неясно и зависит от развития проекта FAIR (GSI).

Новым (возможно, перспективным) направлением является разработанный комплекс для терапии ионными пучками высоких энергий с использованием электронного охлаждения. Электронное охлаждение позволяет сформировать очень тонкие и легкоуправляемые ионные пучки, удобные для радиационной терапии. Заказчики концептуального проекта надеются получить в 2005 г. средства для реального строительства такого комплекса. Хотя нам этот проект нравится, объем работ при переходе к реальному созданию установок очень большой и скорее пугает нас, чем радует.

По гранту - контракту СО РАН в лаборатории создается ускорительный масс-спектрометр для датировки углеродных археологических образцов. Для этого образец помещается в ионный источник и ускоряется до высокой энергии 1-2 МэВ. Изотопы  $C^{14}$  с одной стороны распадаются со временем около 5000 лет, а с другой — непрерывно генерируются в атмосфере космическими лучами и составляют около  $10^{-12}$  от основного изотопа  $C^{12}$ . Как только растение или животное прекращает потреблять углерод из атмосферы, начинается уменьшение со временем доли  $C^{14}$  и, измеряя эту долю с хорошей точностью, можно определить возраст образца. Такие данные нужны не только в археологии, они актуальны и при исследовании изменений климата и в прикладных исследованиях миграции лекарств с изотопными метками в организмах. Начаты работы

в 2003 г. и предполагалось в 2004 приступить к работе с ионным пучком на установке. В 2004 году удалось создать газовый и распылительный ионный источник и поработать с 15 кВ-ными ионными пучками в инжекционной системе. Создание высоковольтной колонны с двухметровыми ускорительными трубками сильно задержалось из-за перегрузки мастерских.

В работе принимали участие: *Н. И. Алиновский, В. В. Анашин, В. Н. Бочаров, А. В. Бублей, В. Ф. Веремеенко, Р. В. Воскобойников, В. А. Востриков, А. Д. Гончаров, И. В. Горнаков, Ю. А. Евтушенко, Н. П. Запяткин, М. Н. Захваткин, А. В. Иванов, И. В. Казарезов, А. В. Кожемякин, В. И. Кокоулин, В. В. Колмогоров, Е. С. Константинов, С. Г. Константинов, А. М. Крючков, А. С. Медведко, Л. А. Мироненко, В. М. Павлов, В. М. Панасюк, В. В. Пархомчук, С. П. Петров, Д. В. Пестриков, С. А. Растигеев, В. Б. Рева, Б. А. Скарбо, Б. М. Смирнов, Б. Н. Сухина, М. А. Тиунов, В. Г. Шамовский, К. К. Шрайнер, С. Янг, Х. Жао* (Институт Современной Физики, Ланчжоу, КНР). Результаты работы отражены в публикациях: [1-12].

## Список литературы

- [1] В. Н. Бочаров, А. В. Бублей, М. Веденев, Р. В. Воскобойников, А. Д. Гончаров, Ю. А. Евтушенко, Н. П. Запяткин, М. Н. Захваткин, А. В. Иванов, В. И. Кокоулин, В. В. Колмогоров, М. Н. Кондауров, С. Г. Константинов, Г. С. Крайнов, В. Р. Козак, А. М. Крючков, Э. А. Купер, А. С. Медведко, Л. А. Мироненко, В. М. Панасюк, В. В., Пархомчук, В. Б. Рева, А. Н. Скринский, Б. М. Смирнов, Б. А. Скарбо, Б. Н. Сухина, К. К. Шрайнер, X. D. Yang, H. W. Zhao, IMP, Lanzhou, China. Запуск установки электронного охлаждения ЭХ-300. Препринт, ИЯФ СО РАН 2004-4, Новосибирск, 2004.
- [2] A. V. Bublei, V. M. Panasyuk, V. V. Parkhomchuk, V. B. Reva. Measuring a hollow electron beam profile. Nuclear Instruments and Methods in Physics Research, A 532 (2004) p.413-417.
- [3] V. Bocharov, A. Bublei, Yu. Boimelstein, V. Veremeenko, V. Voskoboinikov, A. Goncharov, V. Grishanov, A. Dranichnikov, Yu. Evtushenko, N. Zapiatkin, M. Zakhvatkin, A. Ivanov, V. Kokoulin, V. Kolmogorov, M. Kondaurov, E. Konstantinov, S. Konstantinov, G. Krainov, A. Kriuchkov, E. Kuper, A. Medvedko, L. Mironenko, V. Panasiuk, V. Parkhomchuk, S. Petrov, V. Reva, P. Svishev, B. Skarbo, B. Smirnov, B. Sukhina, M. Tiunov, V. Shirokov, K. Shrainer Budker Institute of Nuclear Physics, Novosibirsk, Russia, Yang X D, Zhao H W, Wang Z X, Li J, Zhang J H, Zhang W, Yan H B, Yan H H, Xia G X Institute of Modern Physics, Lanzhou, China. HIRFL-CSR Electron Cooler Commissioning. Nuclear Instruments and Methods in Physics Research, A 532 (2004) p.144-149.
- [4] A. V. Bublei, V. V. Parkhomchuk, V. B. Reva. Advantages of electron cooling with radially varying electron beam density. Nuclear Instruments and Methods in Physics Research, A 532 (2004) p.303-306.
- [5] E. Behtenev, V. Bocharov, V. Bublei, M. Vedenev, R. Voskoboinikov, A. Goncharov, Yu. Evtushenko, N. Zapiatkin, M. Zakhvatkin, A. Ivanov, V. Kokoulin, V. Kolmogorov, M. Kondaurov, S. Konstantinov, G. Krainov, V. Kozak, A. Kruchkov, E. Kuper, A. Medvedko, L. Mironenko, V. Panasiuk, V. Parkhomchuk, V. Reva, A. Skrinsky, B. Smirnov, B. Skarbo, B. Sukhina, K. Shrainer, BINP, Novosibirsk, Russia Yang X.D, Zhao H.W, Li J, Lu W, Mao L J, Wang Z X, Yan H B, Zhang W, Zhang J H, IMP, Lanzhou, China, Commission of electron cooler EC-300 for HIRFL-CSR. RUPAC - 2004, XIX Russian Accelerator Conference RuPAC2004, Dubna (Russia), October 4 - 9, 2004.
- [6] A. Bublei, V. Reva, V. Parkhomchuk, New generation of the electron cooling systems, BINP, Novosibirsk, Russia, Proceeding APAC-04. 2004 (Корея).
- [7] А. В. Бублей, В. М. Панасюк, В. В. Пархомчук, В. Б. Рева «Измерение профиля интенсивного электронного пучка». ИЯФ СО РАН 2004-77, Новосибирск, 2004.
- [8] E. Bekhtenev, V. Bocharov, A. Bublei, Y. Evtushenko, A. Goncharov, A. Ivanov, V. Kokoulin, V. Kolmogorov, M. Kondaurov, S. Konstantinov, V. Kozak, G. Krainov, Y. Kruchkov, E. Kuper, A. Medvedko, L. Mironenko, V. Panasyuk, V. Parkhomchuk, V. Reva, K. Schreiner, B. Skarbo, A. Skrinsky, B. Smirnov, M. Vedenev, R. Voskoboinikov, M. Zakhvatkin, N. Zapiatkin (BINP SB RAS, Novosibirsk), J. Li, W. Lu, L. Mao, Z. Wang, X. Yan, Xiaodong Yang, J Zhang, Wei Zhang, Hongwei Zhao (IMP, Lanzhou). Commissioning of Electron Cooler EC-300. EPAC — 2004, 9th European Particle Accelerator Conference, EPAC'04, 5 — 9 July, 2004, Lucerne, Switzerland.

- [9] M. Steck, K. Beckert, P. Beller, A. Dolinskii, B. Franzke, F. Nolden (GSI, Darmstadt), V. Parkhomchuk, V. Reva, A. Skrinsky, V. Vostrikov (BINP SB RAS, Novosibirsk). An Electron Cooling System for the Proposed HESR Antiproton Storage Ring. EPAC - 2004, 9th European Particle Accelerator Conference, EPAC'04, 5 — 9 July, 2004, Lucerne, Switzerland.
- [10] A. Ivanov, V. Panasyuk, V. Parkhomchuk, V. Reva. Beam Dynamics Simulation in High Energy Electron Cooler. EPAC — 2004, 9th European Particle Accelerator Conference.
- [11] M. Petrichenkov, N. Alinovsky, V. Klyuev, E. Konstantinov, S. Konstantinov, A. Kozhemyakin, A. Kryuchkov, V. Parkhomchuk, A. Popov, S. Rastigeev, V. Reva, B. Sukhina The project of Accelerator Mass-Spectrometer at BINP. EPAC 2004, July,5-9, Lucerne, Switzerland.
- [12] M. Petrichenkov, N. Alinovsky, V. Klyuev, E. Konstantinov, S. Konstantinov, A. Kozhemyakin, A. Kryuchkov, V. Parkhomchuk, A. Popov, S. Rastigeev, V. Reva, B. Sukhina, “Accelerator Mass-Spectrometer for Siberian Division of RAS”, RuPAC 2004, October, 4-9, Dubna, Russia.