

## Важнейшие достижения

### Института ядерной физики им.Г.И. Будкера СО РАН за 2005 год

В 2005 году Институт выполнял работы по 14 проектам в рамках фундаментальных исследований, по 4 проектам в рамках ориентированных и прикладных работ, по 13 контрактам Министерства образования и науки, выполнял интеграционные проекты РАН и СО РАН, участвовал в международном научном сотрудничестве, производил высокотехнологические элементы экспериментального оборудования для своих строящихся установок и по контрактам для российских и зарубежных лабораторий. Кроме того, в Институте велись работы по проектам РФФИ (31 проект) и ряду других проектов, поддерживаемых различными российскими и международными фондами.

Ниже приведены наиболее важные результаты научных исследований за 2005 год.

*(для тома II отчета РАН:)*

#### **1. Измерение электромагнитного формфактора протона методом ISR на В-мезонной фабрике PEP-II в коллаборации BaBar.**

В одной из крупнейших международных коллабораций BaBar в Стэнфорде, SLAC, физиками ИЯФ был предложен и выполнен эксперимент по измерению электромагнитного формфактора протона. Протон, наряду с нейтроном является, как известно, самой фундаментальной частицей во Вселенной, более 99% видимой массы Вселенной состоит из протонов и нейтронов. Между тем, такой важный параметр протона как его электромагнитный формфактор во времени-подобной области был измерен недостаточно точно, а его детальная структура – соотношение между электрическим  $G_E$  и магнитным  $G_M$  формфакторами и вовсе изучалась лишь в единственном эксперименте LEAR, CERN.

Группа физиков ИЯФ, входящая в международную коллаборацию BaBar, для измерения сечений  $e^+e^-$  аннигиляции в адроны предложила т.н. метод ISR (Initial State Radiation). Суть метода состоит в том, что в  $e^+e^-$  аннигиляции происходит излучение жесткого фотона, и оставшаяся адронная система может иметь любую массу вплоть до 10 ГэВ. Методом ISR в широком интервале масс были измерены сечения  $e^+e^-$  аннигиляции в  $\pi$ -мезоны,  $K$ -мезоны,  $\mu$ -мезоны, изучались параметры резонансов и был обнаружен ряд новых процессов.

В 2002 году начался поиск событий рождения пар протон-антипротон. Ожидаемое число таких событий было на 3-4 порядка меньше числа пар более легких мезонов, поэтому точные измерения в первое время представлялись нетривиальной задачей. Тем не менее, используя развитые на BaBar методы идентификации частиц и кинематический фит, а также подавив физический фон, удалось выделить около 5000 тысяч искомым протон-антипротонных событий.

На основе полученного массового спектра был построен эффективный формфактор протона в диапазоне от порога 1.88 ГэВ до 4.5 ГэВ. Из-за резкого падения сечения с энергией как  $E^{-10}$ , выше 4.5 ГэВ событий нет. Были подтверждены такие факты как резкое возрастание эффективного формфактора на пороге и асимптотическое падение формфактора с энергией, предсказанное в КХД. Новыми результатами являются резкие уступы в формфакторе при энергии 2.25 и 3 ГэВ, связанные, вероятно, с возможными резонансами на этих массах, дающими вклад в формфактор. Ранее ничего подобного в протонном формфакторе не наблюдалось. Следующим новым результатом

является измеренное значение  $G_E / G_M > 1$ , что резко противоречит эксперименту LEAR, который дал  $G_E / G_M < 1$ . Здесь стоит отметить, что некоторые модели давно предсказывали именно тот результат, который был получен на BaBar.

Новые результаты по формфактору протона докладывались в 2005 году на многих международных конференциях, в том числе, и в России, и вызвали большой интерес теоретиков и экспериментаторов. Следующий шаг в уточнении протонного и нейтронного формфакторов может быть сделан в ИЯФ СО РАН, Новосибирск, на  $e^+e^-$  коллайдере ВЭПП-2000.

## 2. Эксперименты с детектором КЕДР в 2005 году

С 2002 г. в ИЯФ СО РАН им.Г.И. Будкера ведутся эксперименты с детектором КЕДР на ускорителе-накопителе со встречными электрон-позитронными пучками ВЭПП-4М. Область энергий эксперимента - от 2 до 12 ГэВ в системе центра масс. Основная цель экспериментов - это изучение физики тяжёлых  $c$ -, а также, в дальнейшем, и  $b$ -кварков в распадах состоящих из них частиц. ИЯФ СО РАН - один из 5 центров физики высоких энергий в мире и единственный в России, где проводятся такие экспериментальные исследования. Детектор КЕДР - это самый большой и современный детектор в России, имеющий параметры, сравнимые с параметрами детекторов, работающих в других экспериментах на  $e^+e^-$  коллайдерах.

В 2005 детектор КЕДР производил набор статистики вблизи порога рождения  $\tau$ -лептона, а также в области резонансов  $J/\psi$ ,  $\psi'$  и  $\psi(3770)$ . Записанный интеграл светимости составил  $3.4 \text{ pb}^{-1}$ . Основными целями эксперимента являлись точное измерение массы  $\tau$ -лептона, уточнение массы  $D$ -мезонов, изучение распадов  $\psi'$ , в частности, измерение вероятности его распада на  $\tau^+\tau^-$ -пару.

Точное измерение массы  $\tau$ -лептона при известных значениях его времени жизни и вероятности распада на электрон, нейтрино и антинейтрино позволяет произвести проверку гипотезы лептонной универсальности, одного из основных постулатов теории электрослабого взаимодействия. (К настоящему моменту масса  $\tau$ -лептона была измерена с нужной точностью лишь в одном эксперименте [BES Collaboration], к которому имеется ряд вопросов.)

В экспериментах 2005 года были получены следующие предварительные значения массы  $\tau$  и вероятности распада  $\psi' \rightarrow \tau\tau$ :

$$M_\tau = 1776.74 + 0.45 / -0.35 \pm 0.07 \text{ MeV},$$

$$B(\psi' \rightarrow \tau\tau) = (2.0 \pm 0.85) 10^{-3}$$

Планируемое увеличение эффективности выделения  $\tau\tau$ -событий позволит на набранной статистике поднять точность измерения массы до среднемировой ( $\pm 0.3 \text{ MeV}$ ). Дальнейшее повышение точности потребует дополнительного набора статистики.

Продолжалась обработка данных, набранных в 2004 году в области  $\psi'$ - и  $\psi(3770)$ -резонансов. На европейской конференции по физике высоких энергий в Лиссабоне были представлены предварительные результаты по массам  $\psi'$  и  $\psi(3770)$ . Точность измерения массы  $\psi'$  повышена на 40% по сравнению с нашим предыдущим результатом. Точность измерения массы  $\psi(3770)$  вдвое превосходит точность текущего среднемирового значения. Окончательные результаты по массам этих резонансов, а так же результаты по лептонным ширинам  $J/\psi$ ,  $\psi'$  и  $\psi(3770)$  предполагается опубликовать в следующем году.

### 3. Результаты с детекторов КМД-2 и СНД

В 2005 году продолжалась обработка данных, набранных с детектором КМД-2 на коллайдере ВЭПП-2М.

Завершен анализ процесса рождения пары заряженных пионов во всей области энергий комплекса ВЭПП-2М. Сечение этого процесса измерено с рекордной в мире точностью. Закончена обработка данных и готовятся к публикации результаты эксперимента по измерению сечения процесса рождения двух заряженных и двух нейтральных пионов в области энергий от 1040 МэВ до максимальной энергии ВЭПП-2М в системе центра масс. Прецизионное измерение сечений этих процессов позволит повысить точность вычисления адронного вклада в поляризацию вакуума при измерении аномального магнитного момента мюона. Результаты экспериментов будут использованы для проверки гипотезы сохранения векторного тока при сравнении с данными по распадам  $\tau$ -лептона. Кроме того, оба они важны для исследования возбужденных состояний легких векторных мезонов и поиска новых типов частиц, состоящих из кварков и глюонов, так называемых "гибридов".

В части обработки данных СНД на ВЭПП-2М наиболее важным является измерение сечения процесса  $e^+e^- \rightarrow \pi^+\pi^-$ , который дает максимальный вклад в адронную поляризацию вакуума и аномальный магнитный момент  $\mu$ -мезона. Используя такие инструменты анализа как кинематическую реконструкцию и метод нейронных сетей, удалось измерить сечение с систематической ошибкой всего в 1.5 – 3 %, что дает возможность для точного сравнения с результатами  $e^+e^-$  экспериментов и распадами  $\tau$ -лептона. Из других результатов стоит отметить измерения сечения процессов  $e^+e^- \rightarrow \pi\gamma$ ,  $\eta\gamma$ , а также  $e^+e^- \rightarrow K^+K^-$ ,  $K_s K_L$  во всем интервале энергии ВЭПП-2М. Результаты по этим процессам пока предварительные, но анализ близок к завершению. Все физические результаты СНД докладывались в этом году на конференции Евророчестер -2005 в Лиссабоне и на сессии ОЯФ в Москве.

#### Работы теоретического отдела

В 2005 году сотрудниками отдела получен ряд важных и интересных результатов.

Детально изучены физические механизмы возникновения поляризации протонов и антипротонов при взаимодействии с поляризованными мишенями в накопителе. Показано, что заметная поляризация при взаимодействии с атомами может возникать только за счет механизма фильтрации. Полученные результаты радикально изменили существующие проекты создания пучков поляризованных антипротонов, в которых предполагалось, что значительную поляризацию можно получить без выбывания частиц из пучка.

Развит новый подход к исследованию рождения электрон-позитронной пары фотоном в ориентированном кристалле, впервые позволивший одновременное и нераздельное рассмотрение как когерентного, так и некогерентного механизмов с учетом многократного рассеяния.

Получена общая структура спектра квантованного горизонта черной дыры и ее температурного излучения. Получено аналитическое выражение для асимптотики спектра квазинормальных мод частиц произвольного спина в поле Шварцшильда.

#### **4. Комплекс работ по радикальному улучшению производительности коллайдеров ВЭПП-2000 и ВЭПП-4:**

а) Инжекционный комплекс ВЭПП-5 как инжектор позитронов для ВЭПП-2000 и ВЭПП-4

В 2005 году был завершён монтаж и наладка системы питания поворотных магнитов и линз накопителя-охладителя, проведены наладка и испытания ВЧ системы накопителя. Также завершена наладка и проведены испытания системы впуска выпуска. Начат монтаж и наладка системы диагностики пучка. Проведены испытания магнитной и вакуумной систем впускных каналов для электронов и позитронов. Также в текущем году были произведены три ускоряющие структуры третьего ускоряющего модуля форинжектора ВЭПП-5. Четвёртая структура и мощные СВЧ нагрузки находятся в производстве. Изготовленные части третьего модуля уже смонтированы в зале форинжектора. Идёт монтаж и наладка магнитной и вакуумной систем линейного ускорителя позитронов. По завершению изготовления четвёртой ускоряющей структуры и СВЧ нагрузок будет возможно ускорение электронов в третьем ускоряющем модуле и их последующая инжекция в накопитель-охладитель на проектной энергии 500 МэВ.

б) ВЭПП-2000 и детекторы СНД и КМД-3

В 2005 году закончен монтаж магнитной и вакуумной систем накопителя ВЭПП-2000. Получен проектный вакуум  $10^{-10}$  тор. Проведены пробные включения высокочастотного генератора на 172.099 МГц мощностью 50 КВт и одномодового ускоряющего резонатора. Проведен запуск инжекционной части комплекса. Пучок электронов из линейного ускорителя ИЛУ ускорен в синхротроне до энергии 120 МэВ и захвачен в накопитель БЭП. На этой стадии проведена отладка всех систем высокочастотного, импульсного и постоянного питания элементов комплекса. Это явилось также тестом нового поколения управляющей электроники в стандарте CAN-bus и разработанного на базе LINUX программного обеспечения. Закончена сборка двух сверхпроводящих соленоидов с полем 130 кГс. Ведется сборка двух оставшихся соленоидов и канала транспортировки пучков от БЭП к ВЭПП-2000.

В прошедшем году по всем системам детектора СНД был достигнут заметный прогресс. Практически завершены измерения с прототипом дрейфовой камеры и скоро начнутся испытания полномасштабного варианта трековой системы. Был сдан в работу процессор ввода-вывода и сейчас ведутся работы по считыванию электроники калориметра, после которых будет сделан эксперимент на космических частицах с калориметром и электроникой трековой системы. В проекте антинейтронного детектора на стенде с прототипом на космических частицах были сделаны измерения временного разрешения, получено значение разрешения 2.5 нсек.. Сейчас ведется разработка проекта на основе Флэш-АЦП на каждый из 1600 кристаллов калориметра, что даст возможность для измерения электромагнитного формфактора нейтрона на ВЭПП-2000.

В 2005 году продолжены работы по разработке и созданию систем детектора КМД-3 для экспериментов на коллайдере ВЭПП-2000.

Полностью собрана дрейфовая камера детектора в которой достигнуто проектное разрешение на уровне 100 мкм. Ведется изготовление считывающей электроники. Проведена успешная пробная сборка в детекторе торцевого калориметра на основе кристаллов германата висмута и собран первый октант цилиндрической части калориметра на основе кристаллов CsI. Проведена серия заходов с

электромагнитным калориметром на основе LXe с использованием космических частиц после его установки в детектор в зале накопителя ВЭПП-2000. По результатам заходов выбрана окончательная схема считывающей электроники и начато ее массовое производство. Изготовлена и собрана криогенная система детектора, с помощью которой начаты испытания сверхпроводящего соленоида.

## **5. Создание и физический запуск установки электронного охлаждения для инжекционного комплекса LHC (CERN)**

Для обеспечения высокой светимости Большого Адронного Коллайдера (CERN) в ионной моде (Pb×Pb) необходимо получить ионные сгустки высокой плотности. Для этого в накопителе LEIR установлена система электронного охлаждения, разработанная и созданная в ИЯФ СО РАН. После инжекции из линейного ускорителя в LEIR ионы свинца охлаждаются, что освобождает апертуру накопителя для повторной инжекции и накопления необходимого числа ионов. Ионы свинца имеют зарядность +54, что предъявляет очень высокие требования как на вакуум (около  $10^{-12}$  Тор), так и на профиль электронного пучка для ослабления рекомбинации. Разработанная в ИЯФ электронная пушка позволяет формировать электронные пучки с пониженной к центру плотностью, что уменьшает потери уже охлажденного в центре ионного пучка. Электростатическая система поворота электронного пучка позволила уменьшить потери электронов в вакуумной камере до  $10^{-6}$  от основного тока. В этом случае включение электронного тока не ухудшает вакуум, а за счет дополнительной откачки даже его улучшает. Использование этих новых принципов позволяют говорить о новом поколении установок электронного охлаждения. Заказ от ЦЕРН на разработку такой установки был получен в 2003 году. Была проведена научная разработка проекта и созданы чертежи установки. Изготовление происходило в 2004 году, и летом 2005 г. система электронного охлаждения была установлена в накопитель LEIR и испытана с электронным пучком. В ноябре 2005 были проведены успешные пробные испытания охлаждения с инжекцией ионов кислорода. Как написали коллеги из ЦЕРН, впервые в мире было испытано электронное охлаждение с управляемым профилем электронного пучка.

## **6. Работы на лазере на свободных электронах (ЛСЭ)**

Новосибирский ЛСЭ является самым мощным (по средней мощности) в мире источником субмиллиметрового (терагерцового) монохроматического излучения. Это позволяет надеяться, что с его помощью можно проводить уникальные исследования по физике, химии, биологии и др. отраслям науки.

В 2005 г. собрано четыре экспериментальных станции, и к ним подведено излучение. Велась работа по повышению надежности ЛСЭ. Мощность выведенного излучения достигла 400 Вт. Начато регулярное использование излучения для экспериментов. Проведено первое рабочее совещание по использованию терагерцового излучения Новосибирского ЛСЭ.

Полномасштабный ЛСЭ (т.н. вторая очередь) будет установлен на четырехдорожечном ускорителе-рекуператоре. В 2005 г. велось производство узлов и деталей. Спроектирована оптическая система ЛСЭ, устанавливаемого на второй дорожке ускорителя-рекуператора.

## 7. Работа Сибирского центра синхротронного излучения

Сибирский международный центр синхротронного излучения функционирует на базе лабораторий Института ядерной физики им. Г.И. Будкера СО РАН и имеющихся источников синхротронного излучения - накопителей ВЭПП-3 и ВЭПП-4М. Центр создан в 1981 году в качестве структурного подразделения Института и имеет статус открытой лаборатории, в деятельности которой принимают участие российские и зарубежные организации. В 2005 г. работы на пучках СИ были сосредоточены на накопителе ВЭПП-3. Для проведения работ на 10 экспериментальных станциях было выделено 1878 часов рабочего времени в режиме "Синхротронное излучение". В проведении исследований на пучках СИ в 2005 году приняли участие 30 российских (из них 14 институтов СО РАН) и 15 зарубежных организаций. Наиболее интересные научные результаты представлены ниже.

Изучение процессов детонации и свойств вещества при прохождении детонационного фронта:

1. Измерена плотность газовой кумулятивной струи (впервые в мире).
2. Исследовано движение кумулятивной струи в твердом теле.
3. Изучено поведение наночастиц и наноматериалов при ударноволновом воздействии.
4. Исследован процесс образования зародышей микротрещин при воздействии ударной волны на исследуемое вещество методом малоуглового рентгеновского рассеяния.
5. Исследован механизм ударноволнового воздействия на ряд материалов.
6. Изучено поведение вещества в волне горения энергетических материалов (твердые ракетные топлива).

*Реконструкция условий окружающей среды в далеком и недавнем прошлом:*

1. Получены первые данные по колонкам донных осадков Охотского моря. Для исследований была выбрана колонка LV 28-40-5, отобранная в 28 рейсе научно-исследовательского судна «Академик М.А. Лаврентьев» в центральной части Охотского моря с глубины 1312 м.
2. Разработана методика получения рентгеновских томографических изображений археологических объектов.

Базовые исследования в целях развития рентгеновской литографии и LIGA-технологии:

1. Применительно к задачам глубокой рентгенолитографии исследованы свойства позитивных резистов на основе полиметилметакрилата (ПММА).
2. Разработаны и экспериментально протестированы методы прямого формирования в резистивных слоях микроструктур пучком СИ – метод поточечного рисования и метод динамической литографии.
3. Разработан метод изготовления рентгеновских LIGA-шаблонов, основанный на прямом создании глубокой топологии рисунка шаблона непосредственно рентгеновским микроручком. При таком способе исключается необходимость промежуточного шаблона, что сильно упрощает процесс изготовления, снижает трудоемкость и стоимость создаваемых LIGA-шаблонов.

Разработка и исследования наноматериалов и самоорганизующихся структур:

*- Для многоцелевого применения:*

1. Проведены синтез и исследование мезоструктурированных силикатов и каталитических систем на их основе.
2. Проведены синтез и исследование наночастиц, образующихся в процессе детонации.

*- Для создания новых катализаторов:*

3. Исследована структуры поверхности наночастиц никеля размерами более 200 Å методом адсорбции селеноводорода как молекулы-зонда.

4. Установлена структура наночастиц никеля и палладия, полученных путем низкотемпературного синтеза.

- Для разработки новых топливных элементов:

5. Исследованы *in situ* процессы, проходящие в электрохимической ячейке на рутениевых наночастицах, стабилизированных халькогеном, при восстановлении кислорода.

6. Исследована фаза, обеспечивающая в сплаве сверхпрочную стабилизацию водорода, сочетающуюся с высокой внутренней подвижностью.

- Для разработки будущих технологий микроэлектроники:

7. Изучена структура германиевых "квантовых точек" на кремнии.

## 7. Работы на установке ГОЛ-3

В режиме с многопробочным удержанием плазмы на установке ГОЛ-3 обнаружен эффект быстрого коллективного нагрева ионов плазмы. Суть эффекта состоит в том, что ионная компонента плазмы во время инъекции мощного электронного пучка в гофрированное магнитное поле нагревается почти на три порядка быстрее, чем это возможно за счет парных столкновений электронов и ионов. Таким методом удалось нагреть плазму до температуры 2 кэВ при плотности  $(0.5-1) \cdot 10^{21} \text{ м}^{-3}$

Наблюдавшийся эффект быстрого нагрева ионов в многопробочной ловушке был подробно исследован с помощью большого набора диагностик, включая нейтронные. Уже во время инъекции пучка в дейтериевую плазму наблюдались мощные вспышки нейтронного излучения. После окончания фазы нагрева плазма удерживалась в ловушке длительное время, и нейтронное излучение поддерживалось на высоком уровне.

Для объяснения эффекта предложена модель быстрого коллективного нагрева ионов в ячейках многопробочной ловушки. Релятивистский электронный пучок взаимодействует с плазмой коллективным образом, возбуждая в ней высокий уровень турбулентности. В результате эффективная частота столкновений плазменных электронов на несколько порядков превышает классическую кулоновскую частоту столкновений. Увеличение частоты столкновений существенно уменьшает проводимость и продольную электронную теплопроводность плазмы. Вследствие этого формируются большие градиенты давления вдоль магнитного поля и возникают мощные макроскопические движения плазмы. В результате возникают течения плазмы как в отдельных ячейках ловушки (направление движения плазмы в этом случае может быть встречным), так и макроскопическое движение плазмы вдоль всей ловушки. Оба этих движения в гофрированном поле приводят к передаче энергии от электронов к ионам гораздо быстрее, чем передача энергии за счет кулоновских столкновений.

## Экспериментальное наблюдение амбиполярного запирания продольных потерь плазмы в газодинамической ловушке.

Идея удерживать плазму в открытой магнитной ловушке в газодинамическом режиме родилась впервые в ИЯФ (Мирнов, Рютов). Ее практическая важность определяется тем, что газодинамическая ловушка (ГДЛ) является фактически единственным подходящим кандидатом на роль мощного стационарного источника 14 МэВ нейтронов с нейтронным потоком в испытательной зоне до  $2 \text{ МВт/м}^2$ . Такой источник необходим для испытаний конструкционных материалов будущих термоядерных реакторов, как

драйвер для подкритических ядерных реакторов, для переработки радиоактивных отходов и многих других применений. Ведущиеся на установке ГДЛ эксперименты направлены прежде всего на повышение абсолютных параметров плазмы до уровня, необходимого для прямого моделирования условий нейтронного источника. В 2005 г. на установке начаты эксперименты по созданию плотного сгустка ионно-горячей плазмы большого давления при инжекции атомарных пучков в небольшой дополнительный пробкотрон, расположенный вблизи выходной магнитной пробки ГДЛ. Вследствие малого объема дополнительного пробкотрона даже при относительно небольшой мощности инжекции в него плотность горячих ионов может приблизиться к  $10^{20} \text{ м}^{-3}$  и более, что соответствует условиям в испытательной зоне нейтронного источника. Существенным моментом является то, что плотность быстрых анизотропных ионов в испытательной зоне превышает плотность основной плазмы, что приводит к формированию в плазме больших амбиполярных потенциалов и, как следствие, к изменению величины продольных потерь основной плазмы.

В экспериментах дополнительный пробкотрон одновременно со всей центральной частью заполнялся холодной предварительной плазмой. Затем плазма нагревалась при инжекции атомарных пучков в основную ловушку в соответствии со стандартным сценарием работы установки. В начальных экспериментах в дополнительный пробкотрон независимо инжектировались сфокусированные атомарные пучки с мощностью до 0.15 МВт при энергии частиц около 20 кэВ. В результате захвата атомарных пучков в нем формировался компактный плазмоид из быстрых ионов со средней энергией около 10 кэВ. Объем плазмоида составлял 0.7 литра, максимальная плотность ионов в нем превысила  $10^{19} \text{ м}^{-3}$ . Вследствие этого вблизи выходной магнитной пробки ГДЛ возник локальный максимум плотности плазмы и амбиполярного потенциала, что в свою очередь привело к частичному отражению ионов основной плазмы от этой области и заметному снижению потока плазмы из ловушки. Важность экспериментального наблюдения и изучения данного эффекта связана с тем, что он должен играть существенную роль в нейтронном источнике на основе ГДЛ. Дальнейшие эксперименты предполагается вести при увеличенной примерно втрое мощности инжекции и одновременно меньшей расходимости пучков, что позволит провести прямое моделирование поведения плазмы в испытательной зоне нейтронного источника.

*(для тома III отчета РАН:)*

### **Система Рентгеновского Контроля (СРК) «Сибскан» для досмотра людей.**

Продолжались работы по СРК «Сибскан» для досмотра людей. В апреле 2005 г. пилотный образец СРК был куплен компанией «Истлайн» и установлен в секторе С аэропорта Домодедово (г. Москва). В октябре 2005 г. пилотный образец СРК был заменен на промышленную установку. Заключены контракты на установку СРК в аэропорту г. Ханты-Мансийска и на 2 установки в аэропорту Пулково.

### **Промышленные ускорители электронов**

В 2005 году в города России, КНР, Республики Корея и Индии поставлены 5 ускорителей и произведен монтаж и запуск в эксплуатацию 11 ускорителей электронов типа ЭЛВ, в том числе

- Осуществлена поставка и физический запуск системы четырехстороннего облучения на заводе «Подольсккабель», позволившая значительно увеличить производительность технологической линии и обеспечить высокую азимутальную равномерность облучения кабельной продукции;
- В Самарскую область (г. Новокуйбышевск) осуществлена поставка и произведен запуск ускорителя ЭЛВ-4 на заводе трубо-изоляции (май 2005);
- В Республику Корея поставлен мощный ускоритель электронов ЭЛВ-12 для работы в г.Тэгу (красильный центр) в рамках сотрудничества с МАГАТЭ. Произведен монтаж оборудования ускорителя. Осуществлен физический запуск ускорителя (декабрь, 2005).

Совместно с НПФ «Кварц» на базе ускорителя ЭЛВ-6, оборудованного системой выпуска сфокусированного пучка, начались работы по созданию опытно-промышленной малотоннажной установки для получения нанопорошков диоксида кремния.

### **Источники синхротронного излучения.**

В 2005 году произведён физический пуск 1-й очереди источника синхротронного излучения «Зеленоград», разработанного и изготавливаемого Институтом для работ, связанных с микроэлектроникой и микромеханикой в Институте физических проблем им. Лукина (г.Зеленоград).

Создан и испытан прототип 21- полюсного вигглера с максимальным полем до 7,5 Т для центра СИ Курчатовского института.

Всего Институтом опубликовано за 2005 год более 500 статей и докладов в рецензируемых журналах.

Ученый секретарь Института ядерной физики им. Г.И. Будкера СО РАН

к.ф-м.н.

А.М. Кудрявцев