

ЭНЕРГИЯ



№ 3
март
2004 г.

Коллектив

*С первым весенним праздником,
дорогие женщины,
и пусть он будет с
Вами всегда!*



День открытых дверей

*7 февраля, накануне Дня Российской науки, в нашем институте
вновь встречали многочисленных гостей.*

Как обычно, подавляющее большинство посетивших в этот день наш институт составляли старшеклассники.

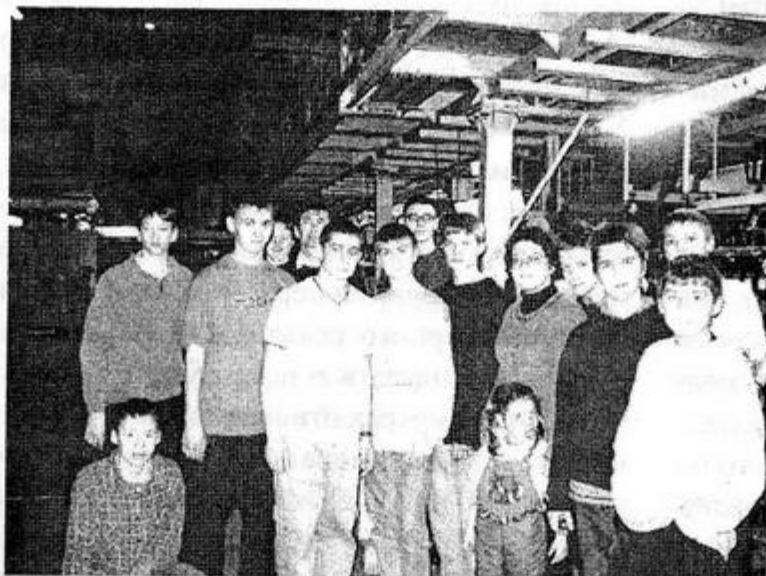
Первую группу экскурсоводы ияфовского совета молодых ученых (восемнадцать человек было занято на этот раз в организации Дня открытых дверей) встретили на проходной в 12 часов дня. Каждая группа (а их до 18 часов прошло пятнадцать) за два часа пребывания в ИЯФ познакомилась в конференц-зале со специально подготовлен-

ной слайд-программой и побывала на двух физических установках.

Ребята получили общую ин-

формацию об истории нашего института, основных направлениях его деятельности. И конечно, наибольший интерес вызвало посещение знаменитых ияфовских установок. Впрочем, некоторые из них, чьи родители работают в ИЯФ, были здесь не впервые. Но и они узнали немало нового для себя.

Более двухсот человек побывало в этот день в стенах нашего института. Не исключено, что для кого-то из них это станет началом пути в Российскую науку.



9-10 января в четвертый раз прошла научная сессия «ИЯФ - 2004», на которой были подведены итоги работы за прошлый год и намечены перспективы на год нынешний. С докладами выступили заведующие лабораториями, заместители директора нашего института. Часть из этих выступлений была опубликована в предыдущем номере нашей газеты.

Установка ГДЛ

Из выступления заведующего лабораторией 9-1 А.А. Иванова

В нашем институте предложен и в течение ряда лет развивается проект мощного 14 МэВ источника нейтронов для испытания материалов и элементов конструкции будущих термоядерных реакторов, а также для других применений. На разных стадиях в проекте, помимо ИЯФ, участвовали и участвуют другие институты, как российские (ВНИИТФ, НИИЭФА им. Д.В. Ефремова), так и европейские (Карлсруэ, Россендорф, Германия и Фраскати, Италия).

Напомним, что принцип действия источника основан на наклонной инжекции пучков атомарного трития и дейтерия с энергией ~ 100 кэВ в открытую магнитную ловушку, заполненную относительно теплой (0.5-1 кэВ) дейтериевой плазмой. В результате взаимодействия инжектируемых пучков с плазмой происходит их частичная ионизация, и образованные ионы захватываются магнитным полем. Поскольку температура электронов достаточно велика, торможение быстрых ионов происходит медленно и они успевают без существенной потери энергии столкнуться и вступить в реакцию синтеза. Похожие процессы происходят в нейтронных генераторах с

твердой мишенью, содержащей тритий, которую бомбардирует пучок дейтерия. Однако в этом случае потери энергии дейтронов на холодных электронах столь велики, что только $\sim 0.01\%$ их успевают столкнуться с ядром трития с выделением нейтронов. При температуре плазмы 0.5-1 кэВ эта величина вырастает во много раз. Существенно также, что при выбранных параметрах плазмы и инжектируемых пучков плотность быстрых тритонов и дейтронов вблизи точек остановки имеет резкий максимум. Нейтронный поток генерируется, в основном, в этих относительно узких областях с повышенной плотностью, в которых располагаются испытательные зоны источника нейтронов. В этих зонах, согласно расчетам, плотность потока 14-МэВ-ных нейтронов может достигать 2 МВт/м^2 при потребляемой источником мощности 60 МВт. Именно такой поток требуется для испытаний материалов и элементов конструкции первой стенки термоядерного реактора. Источник расходует в год при указанных параметрах относительно небольшое количество трития (около 150 г), энергетический спектр нейтронов практически совпадает со спектром нейтронов

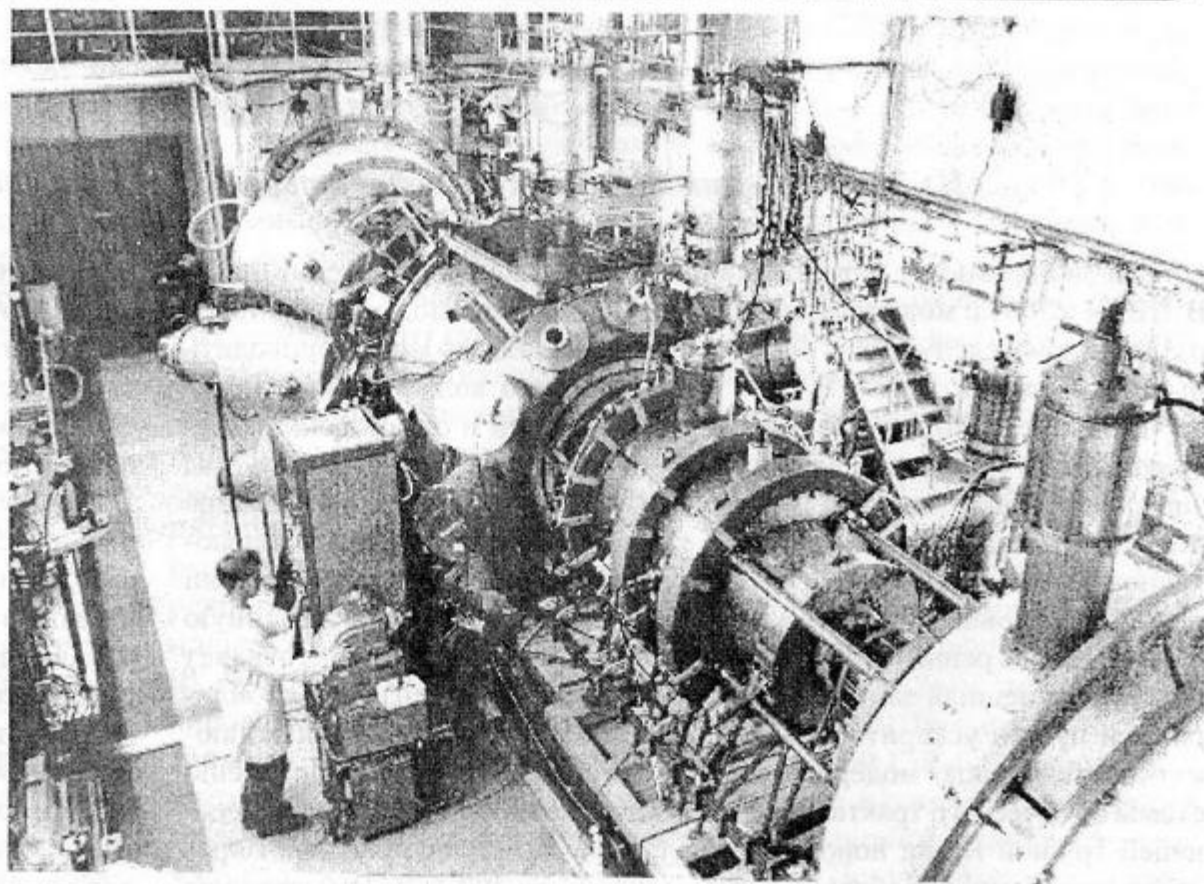
в термоядерном реакторе.

Эксперименты на специально созданной модельной установке «газодинамическая ловушка» (ГДЛ) подтвердили правильность основных положений, заложенных в основу конструкции нейтронного источника. Вместе с тем, принципиально необходимо произвести ее реконструкцию для повышения параметров плазмы, прежде всего температуры электронов и плотности быстрых ионов. В этом случае работоспособность концепции источника была бы продемонстрирована при фактически требуемых параметрах плазмы. Это позволило бы перейти к разработке технического проекта нейтронного источника и в дальнейшем приступить к его сооружению на основе широкого международного сотрудничества.

Планы реконструкции установки ГДЛ были одобрены руководством института в 2001 году. В основном, намеченная реконструкция касается системы атомарной инжекции, пожалуй, наиболее сложной и дорогостоящей системы установки. Требуемые инжекторы представляют собой уникальные устройства, параметры которых определяются условиями экспериментов и имею-

щейся инфраструктурой. В частности, необходима чрезвычайно малая угловая расходимость пучков, высокая плотность тока, а также их фокусировка на плазменный шнур малого размера. Успешная разработка подобных инжекторов ведется в ИЯФ уже около десяти лет. Накоплен обширный опыт в области изготовления прецизионных сеточных электродов большого размера с искривленной поверхностью и других критически важных компонентов инжектора. Созданы технологические участки для их изготовления и испытаний.

Для достижения требуемой температуры электронов в 250-300 эВ требуется увеличить мощность инжектируемых атомарных пучков с 4 до 8-10 МВт и длительность импульса с 1 мс до 5 мс. Вот уже несколько лет эти работы ведутся с заметным отставанием по срокам. Это связано как со сложностью самой задачи, решение которой требует проведения дополнительных экспериментов и испытаний прототипов, так и с недостатком финансирования, а также связанными с этим обстоятельством задержками прохождения заказов в экспериментальном производстве. Пока длительность импульса пучка не превышает 1.5 мс, что ограничивается возможностями имеющейся схемы питания. Для повышения надежности работы ионного источника при номинальном токе 80 А нужно перейти на сетки с большей геометрической прозрачностью. Для этого необходимо использовать не круглые отверстия в сетке, а прямоугольные с соответствующей формой электродов



Установка ГДЛ

и зазорами между ними. Эксперименты показали, что угловая расходимость элементарного пучка из прямоугольного отверстия, во всяком случае, не хуже, чем из круглого. Таким образом, со штатной схемой питания и замене сеток проектные параметры инжектора, очевидно, можно достичь. Эта работа еще не завершена, но есть уверенность, что в текущем году это удастся сделать. Эта уверенность в большой мере подкрепляется тем, что Минатомом выделено на 2004 год целевое финансирование на изготовление всех требуемых источников питания, на приобретение большого количества ниобия для держателей сеток и заказа самих сеток ионно-оптической системы.

Предполагается, что испытание новых ионных источников на самой установке ГДЛ начнется в эксперименте по инъекции в пробкотрон малого объема, размещенный вблизи одной из концевых магнитных пробок основной ловушки. Для этого уже изготовлена дополнительная вакуумная камера с установленной на

ней катушкой и инжекторными трактами. В сформированную полем этой катушки и полем магнитной пробки ГДЛ ловушку будут инжектироваться два пучка с суммарным эквивалентным током 100-150 А и энергией 25 кэВ. Мишенью для захвата пучков будет служить основная плазма, удерживаемая в центральной части ГДЛ, имеющая плотность $0.5 - 1 \times 10^{20} \text{ м}^{-3}$ и температуру $\sim 100 \text{ эВ}$. Поскольку объем дополнительного пробкотрона всего около 1 литра, а инжектируемый ток большой, плотность накопленной плазмы и плотность энергии в ней может достичь большой величины, характерной для условий нейтронного источника. Это позволит исследовать в этих уникальных условиях целый ряд вопросов, связанных с устойчивостью плазмы, потерями частиц, энергии из нее и т.д. Мы очень надеемся, что первые результаты этого эксперимента можно будет обсудить на международной конференции по открытым ловушкам, которая пройдет в ИЯФ в июле этого года.

ВЭПП-4М

Из выступления заведующего лабораторией 1-3 Е.Б. Левичева

Вся деятельность комплекса ВЭПП-4 в 2003 г. может быть подразделена на следующие основные направления.

Первое, это подготовка к исследованиям по физике высоких энергий. Главная наша забота — повышение надежности и эффективности работы комплекса. Здесь одним из основных вопросов, который удалось решить в 2003 году, является успешная замена электронной пушки ускорителя ЭЛИТ и соответствующая модернизация схемы оптического тракта ускоряющей трубки. Катод новой пушки, которая была разработана и изготовлена сотрудниками сектора 5-12, представляет собой многоячеистую структуру из 19 «таблеток» LaB6 диаметром 9 мм каждый, вместо одного сплошного 30-мм катода старой пушки. Новая разработка позволила решить следующие задачи. Удалось ликвидировать дефицит материала для катодов LaB6 большого диаметра, а также существенно (в несколько раз) уменьшить токооседание и количество электрических пробоев в ускоряющей трубке, тем самым повысив надежность работы инжекционного комплекса ВЭПП-4. Кроме того, это позволило увеличить позитронный ток, выпускаемый в ВЭПП-3 за выстрел, на 30-40%.

Другой работой, начатой в 2003 году и призванной повысить эффективность эксплуатации ВЭПП-4М, является термостабилизация ускоряющих резонаторов, включенных в общий контур охлаждения дистиллированной водой. В зависимости от времени года, температуры окружающей среды, режима работы установок института температура охлаждающей воды может изменяться в пределах нескольких градусов. При этом меняются геометрические размеры резонаторов и, соответ-

ственно, набор и положение по частоте высших мод ускоряющего напряжения, что может приводить к развитию коллективных неустойчивостей и ограничению предельного тока в сгустке. И снова нам помогли сотрудники сектора 5-12: на одном из пяти ускоряющих резонаторов ВЭПП-4М они поставили автоматизированную станцию, которая осуществляет управляемый подогрев и стабилизацию температуры охлаждающей воды. Это позволило уменьшить размах колебаний температуры охлаждающей воды в 10 раз (с 2°C до 0.2°C). В настоящее время ведется работа по изготовлению рабочих станций для всех 5 резонаторов, которые, как ожидается, позволят стабилизировать температурный режим резонаторов с точностью 0.1°C . Кроме того, в числе деятельности, призванной повысить надежность и эффективность работы комплекса, можно упомянуть создание новой системы термоконтроля (совместно с лабораторией 9-0), ремонт магнитов ВЭПП-3, освоение современных контроллеров нижнего уровня АСУ, которые, как ожидается, заменят устаревшие и морально, и физически «Одрята» и т.д.

Важной составляющей эксперимента по измерению массы τ -лептона на пороге рождения является возможность точной калибровки средней энергии пучка методом резонансной деполяризации. Однако энергия, соответствующая пороговому значению массы τ (1777 МэВ), находится рядом с целым спиновым резонансом (1762.6 МэВ), и вопрос, насколько близко к точному значению массы τ можно калибровать энергию пучка, нетривиален. Для ответа на него в 2003 г. изучалось время жизни поляризации частиц в ВЭПП-4М при различных отстройках от спиновых резонансов

в области энергий порога рождения τ -лептона. Измерения показали, что в полученных данных прослеживается «тонкая» структура спиновых резонансов, связанных с частотами синхротронных и бетатронных колебаний и наложенных на основную — целый спиновый резонанс $\nu_s = 4$. В 2004 г. предполагается продолжить изучение тонкой структуры спиновых резонансов вблизи тау-порога и разработать методы управления временем жизни поляризации в указанном диапазоне энергий. Для увеличения светимости был освоен режим работы ВЭПП-4М 2x2 сгустка, позволивший достичь пикового значения $1 \times 10^{30} \text{ c}^{-1} \text{ cm}^{-2}$. При этом были отработаны два варианта. В одном из них оба сгустка электронов (позитронов) накапливаются и ускоряются в ВЭПП-3, а затем по одному перепускаются в соответствующие сепаратрисы ВЭПП-4М, в другом все сгустки подготавливаются и инжектируются в ВЭПП-4М последовательно. В ближайшее время планируется увеличить величину разового захвата позитронов в ВЭПП-3, уменьшить вертикальную бетатронную функцию места встречи ВЭПП-4М и провести более тонкую настройку бетатронной частоты. Как ожидается, эти меры в комплексе позволят надежно получать во время набора статистики пиковую светимость на уровне $1.5 \times 10^{30} \text{ c}^{-1} \text{ cm}^{-2}$. Оптимизация работы ускорительного комплекса во многом связана с возможностями измерения различных характеристик пучков. Поэтому значительное внимание в 2003 г. уделялось вопросам модернизации старых и разработке новых средств пучковой диагностики и наблюдения. Системы визуального контроля положения и формы пучка на основе ПЗС-матриц были установлены на обоих на-

правлениях (электронном и позитронном) ВЭПП-4М, а также на ВЭПП-3. Был предложен, разработан, установлен и протестирован на ВЭПП-3 новый прибор — коронограф, позволяющий исследовать поперечное распределение частиц в пучке на размерах $>7\sigma$. Как известно, плотность электронов в «хвостах» пучка отвечает за такие важные характеристики как время жизни или фоновая нагрузка детекторов. В дальнейшем планируется использовать подобный коронограф на ВЭПП-4М для изучения эффектов встречи пучков, нелинейных резонансов, оптимизации фоновой загрузки детектора КЕДР и т.д.

Другим интересным диагностическим устройством, разработанным совместно с лабораторией 9-0, является быстрый 16-канальный ФЭУ, установленный на ВЭПП-4М. Такой ФЭУ позволяет исследовать эволюцию поперечного распределения пучка электронов на протяжении десятков тысяч оборотов, измерять с высокой точностью бетатронные и синхротронную частоты, наблюдать развитие быстрых поперечных коллективных неустойчивостей и пр. Все новые диагностические устройства разработаны на современной аппаратной базе, снабжены интерфейсами сетевого обмена и удобным программным обеспечением и легко инкорпорируются в систему управления ускорительным комплексом.

Для повышения светимости ВЭПП-4М на низкой энергии используются дипольные «змейки», вносящие дополнительное затухание, увеличивающие горизонтальный эмиттанс и пороговые (по эффектам встречи) токи сталкивающихся сгустков. Однако, нелинейные поля змеек существенно ограничивают динамическую апертуру и снижают эффективность их использования. Для изучения этих эффектов было предпринято исследование влияния дипольных змеек на параметры установки. В режиме со змейками была проведена компенсация линейных эф-

фектов, так, чтобы биение бетатронных функций по кольцу не превышало 10%, бетатронные частоты соответствовали обычной рабочей точке ВЭПП-4М и скомпенсирован натуральный хроматизм до величин $\xi_x \approx \xi_y \approx 2,5$. Подробное исследование показало, что змейки вносят существенную нелинейность в вертикальное движение, которая и является причиной уменьшения динамической апертуры. Поэтому была предпринята попытка увеличения апертуры с помощью октупольной коррекции SEOQ, для которой соотношение бетатронных функций ($\beta_x \approx 50\text{м}$, $\beta_y \approx 80\text{м}$.) позволяет регулировать перекрестные и вертикальные коэффициенты зависимости частоты колебаний частиц от амплитуды. Для тока SEOQ = +9 А удалось существенно уменьшить соответствующие нелинейные коэффициенты и полностью восстановить размер горизонтальной динамической апертуры.

Следующим важным направлением нашей работы в прошлом году были эксперименты по измерению поляризации на ВЭПП-3. Для проведения эксперимента по измерению массы тау-лептона важным является наиболее точное определение области энергий ВЭПП-3, приемлемой с точки зрения получения поляризованных пучков и их инжекции в кольцо ВЭПП-4М. С целью «неразрушающего» (по сравнению с методом резонансной деполяризации) контроля степени поляризации пучка в бустере ВЭПП-3 был реализован новый метод, основанный на наблюдении асимметрии мёллеровского рассеяния релятивистских электронов на внутренней поляризованной мишени. Поляриметр включает в себя газовую мишень, представляющую собой струю поляризованных атомов дейтерия с плотностью $5 \cdot 10^{11} \text{ см}^{-2}$, а также магнит с нулевым интегралом вертикального поля, который создает в области взаимодействия мишени и пучка знакопеременное поле с амплитудой 300 гаусс, управляемое направлением поляри-

зации мишени. Кроме того, в поляриметре находятся два счетчика, расположенных выше и ниже медианной плоскости на расстоянии ~ 1 метр от мишени и регистрирующих пару «электрон пучка — электрон струи» при условии корреляции по азимутальному углу и углу вылета из области взаимодействия.

Практически важным результатом явилось наблюдение заметного деполяризующего влияния машинных комбинационных спиновых резонансов с частотами бетатронных колебаний и целого спинового резонанса. В эксперименте с быстрым понижением энергии ВЭПП-3 с уровня 1.85 ГэВ до 1.80 ГэВ (со скоростью 2 МэВ/сек) изучено прохождение комбинационных спиновых резонансов. Полученные результаты служат основой для уточнения сценария готовящегося эксперимента по измерению массы тау-лептона.

Контрактная деятельность сотрудников комплекса ВЭПП-4 также является одним из важных направлений его работы. В прошлом году продолжалось сотрудничество с CERN по производству «теплых» дипольных магнитов прямолинейных промежутков коллайдера LHC. Активно шло изготовление дипольных (MBG) и квадрупольных (QTG) магнитов протонного канала для нейтринного эксперимента Gran Sasso. Кроме того, был успешно завершён контракт по разработке и изготовлению квадрупольных и секступольных линз для источника синхротронного излучения SAGA (Япония): изготовленные магниты установлены в тоннеле ускорителя. Завершён также контракт по изготовлению подставок под магниты MBI, ранее поставленных в CERN из ИЯФ. Всего при участии сотрудников комплекса ВЭПП-4 в прошлом году было изготовлено 184 магнитных элемента. В 2003 году мы начали работу по изготовлению алюминиевых катушек поворотных магнитов для протонного синхротрона PS CERN.



Клубу «Гармония» — пять лет!

Идея создания дамского клуба в нашем институте витала давно, но реально осуществилась в апреле 1999 года, когда состоялась первая клубная встреча. За эти годы интерес к нему не угас, свидетельством чему эти отзывы: «На мой взгляд, клуб — отдушина при нашей напряженной жизни. И по пословице — учиться никогда не поздно — я очень много узнала нового для себя на этих

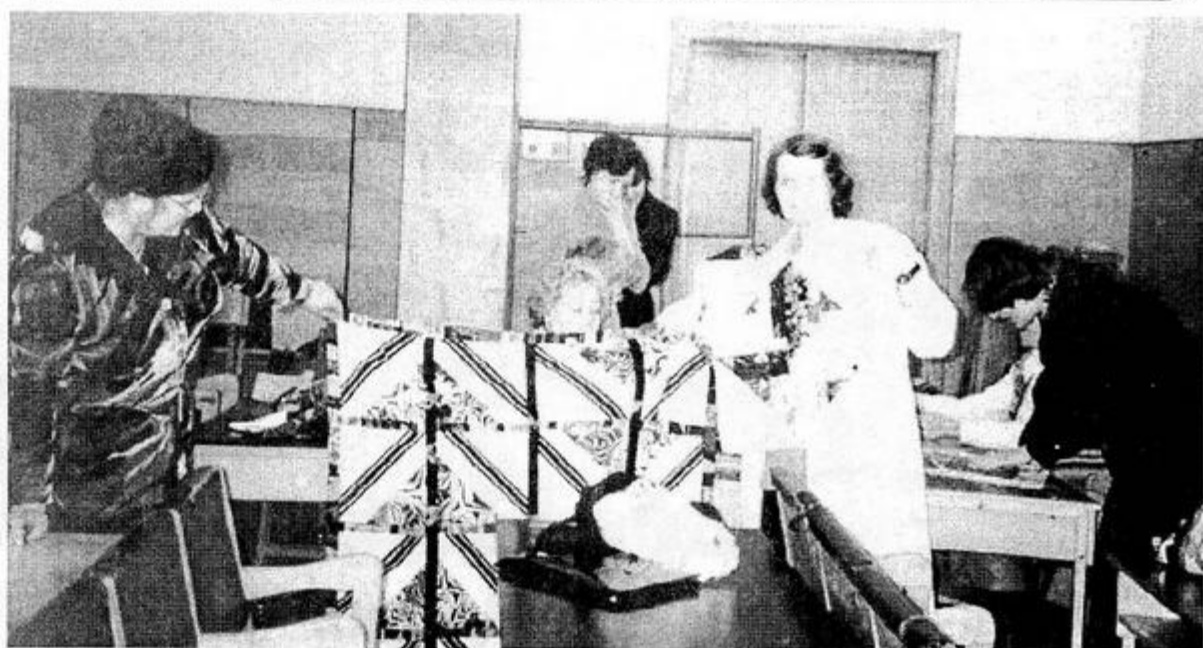
встречах. Спасибо за такую возможность!» (Г.Н. Хлестова). «Очень приятно общаться с красивыми женщинами, умными, талантливыми. Желаю нашему клубу жить и развиваться!» (О.Ф. Иванова). «Общаться с приятными людьми, обмениваться полезной информацией — клуб дает



нам такую возможность». (Т.Д. Балачевцева).

Клуб объединил людей, близких по духу. Им интересно бывать вместе в картинной галерее и на спектаклях, в оранжереях ботанического сада и в музее. За эти годы в клубе состоялось много интересных встреч. В гостях у

«Гармонии» побывали психологи, врачи, специалисты ботсада, пастижеры и реквизиторы Новосибирского Оперного театра, фитодизайнеры, косметологи и визажисты, руководители нескольких клубов Дома ученых... И каждая встреча — это не только новая информация, но и



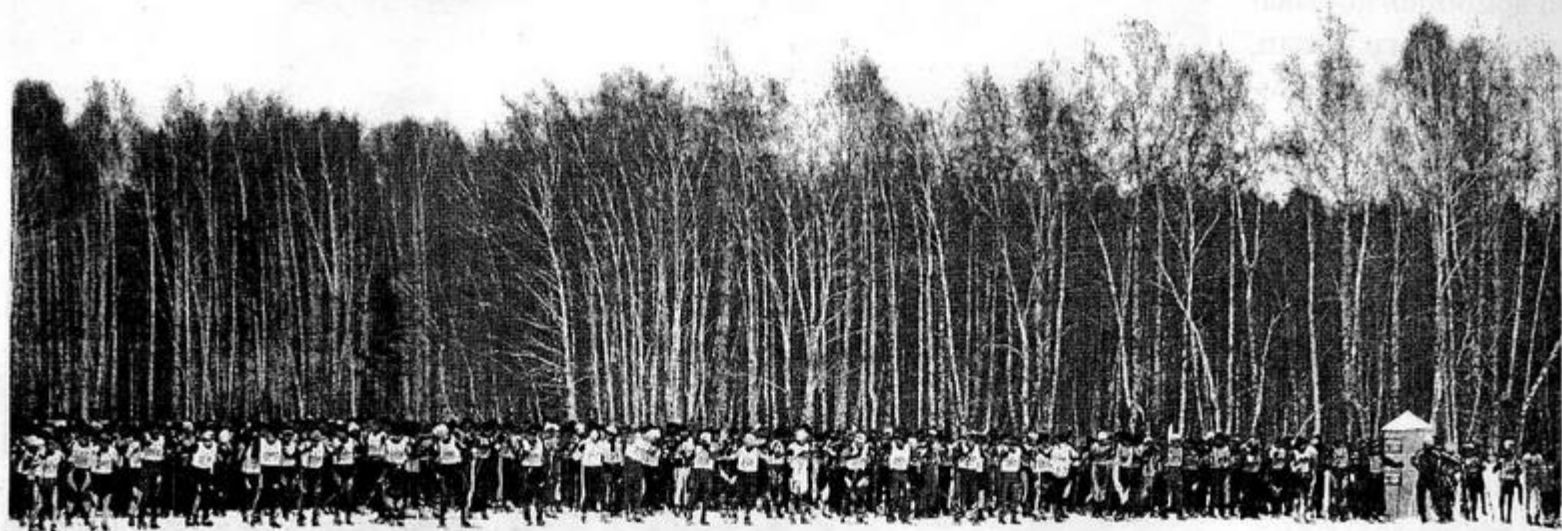
новые полезные навыки. Клуб встретил поддержку в профкоме института, благодаря этому есть возможность выписывать периодические издания, интересующие женщин.

интересующие женщин.

«Клуб — это здорово! Есть возможность собраться, пообщаться, а главное — дать импульс своей энергии. Хочется еще что-то узнать новое и чему-то научиться. Давайте встречаться и делиться своими и проблемами и радостями!» (Р.В. Мелехова).



Снимки из альбома клуба



Лыжня России — 2004

8 февраля более десяти тысяч человек из Новосибирской, Кемеровской, Иркутской областей и Алтайского края собрались на базе им. А. Тульского, чтобы принять участие в этих соревнованиях



На «Лыжня России — 2004»
И. Кооп (слева) и В. Иценко.

На старт десятикилометровой дистанции вместе с любителями вышли кандидаты и мастера лыжного спорта. Это был наиболее драматичный момент соревнований, так как старт был общий. Но к счастью, все обошлось благополучно, пострадали только лыжи и палки некоторой части лыжников. К финишу стремились все, добирались до него, как видно на снимках, разными способами, однако дошли все. И хотя составить конкуренцию группе сильнейших было практически невозможно, никто не остался без

памятного подарка, которые вручали на финише всем спортсменам. А победители — Т. Мороз и Р. Клочков (Алтайский край) — получили ключи от машины: две сверкающие



«Волги» ждали своих хозяев у сцены. Ияфовские лыжники, конечно же, не могли остаться в стороне от такого важного события: около ста наших любителей этого вида спорта приняли участие в состязаниях.

Фоторепортаж
В. Петрова, В. Аульченко
и А. Букина



Адрес редакции:
630090, Новосибирск
пр. ак. Лаврентьева, П, к. 423
Редактор И. В. Онучина

Газета издается
ученым советом
и профкомом ИЯФ СО РАН
Печать офсетная. Заказ № 11

«Энергия-Импульс»
выходит один раз
в три недели.
Тираж 500 экз. Бесплатно.