

# ЭНЕРГИЯ



№ 1 (338),  
февраль 2013 г.

## сборник

**С Днем российской науки,  
дорогие ияфовцы!**

### Поздравляем!



С успешной защитой диссертации на соискание  
ученой степени доктора физико-математических наук  
**Льва Исаевича Шехтмана.**

С успешной защитой диссертации на соискание  
ученой степени доктора технических наук  
**Виктора Романовича Козака.**



Ученая степень кандидата физико-математических наук присуждена:



**Александрю Анатольевичу Краснову,**

**Ивану Борисовичу Николаеву,**



**Корнелию Юрьевичу Тодышеву,**

**Алексею Викторовичу Резниченко,**



**Кириллу Юрьевичу Сковпеню,**

**Алексею Васильевичу Петренко.**



Ученая степень кандидата технических наук  
присуждена



**Александрю Георгиевичу Богданчикову,**

**Георгию Александровичу Фатькину.**





## Важнейшие достижения ИЯФ СО РАН в 2012 году

### Ядерная физика

1. На накопителе ВЭПП-3 впервые определен вклад двух-фотонного обмена в упругое рассеяние электронов и позитронов на протоне.

### Физика элементарных частиц

1. В составе коллаборации ATLAS на Большом адронном коллайдере впервые наблюдался бозон Хиггса.

2. Проведено первое модельно-независимое измерение угла  $\phi_3$  треугольника унитарности в распадах В-мезонов в экспериментах Belle и LHCb.

3. В совместной работе Института катализа и Института ядерной физики по созданию детектора черенковских колец на основе фокусирующего аэрогеля достигнут рекордно высокий уровень разделения мюонов и пионов.

4. Впервые показано, что гипотеза о существовании гравитационного 4-фермионного взаимодействия приводит к противоречию с космологией Фридмана-Робертсона-Уокера.

5. В квантовой хромодинамике и в суперсимметричной теории Янга-Миллса с  $N=4$  в следующем за главным приближении найдено ядро уравнения Бартелса-Квичинского-Прашалоуича в оддеронном канале.

6. В суперсимметричной теории Янга-Миллса с  $N=4$  в следующем за главным порядке найдены собственные значения ядра уравнения БФКЛ для присоединенного представления калибровочной группы.

7. Точно по величине атомного поля найдена зарядовая асимметрия в процессе рож-

дения электрон-позитронных пар фотоном высокой энергии в поле тяжелого атома.

8. Предсказано существование сверхпроводящих и непроводящих состояний для электронов в одномерном наноканале-ондуляторе.

### Физика ускорителей

1. На коллайдере ВЭПП-2000 впервые экспериментально обнаружена интерференция  $\gamma$ -квантов МэВного диапазона при обратном комптоновском рассеянии лазерного излучения на электронном пучке в магнитном поле.

2. В ИЯФ СО РАН создана и поставлена на коллайдер BEPC II (Китай) уникальная система измерения энергии электронного и позитронного пучков с помощью обратного комптоновского рассеяния, позволяющая существенно улучшить точность измерения массы тау-лептона.

3. Разработан, создан и поставлен в Брукхейвенскую национальную лабораторию (США) бустерный синхротрон с энергией 3 ГэВ и рекордно высокой для такого класса установок проектной интенсивностью пучка.

### Синхротронное излучение и лазеры на свободных электронах

1. Построен и запущен первый в мире четырёхдорожечный ускоритель-рекуператор.

2. Разработана уникальная методика ультрабыстрых спектральных измерений высокого разрешения в терагерцевом диапазоне.

3. Разработан метод изготовления дифракционных преломляющих интраокулярных линз с помощью LIGA-технологии на пучке синхротронного излучения.

### Физика плазмы

1. На установке Газодинамическая ловушка (ГДЛ) достигнута рекордная для осесимметричных магнитных ловушек открытого типа величина давления плазмы по отношению к давлению магнитного поля —  $b=0,6$ .

2. В экспериментах на многопробочной ловушке ГОЛ-3 впервые проведены эксперименты по нагреву плазмы и генерации субтерагерцового излучения при инжекции в плазму с плотностью  $10^{19}$ – $10^{20}$  м<sup>-3</sup> электронного пучка с мощностью до 10 МВт, энергией 100 кэВ и длительностью до 300 мкс.

3. Впервые в мире предложен и успешно реализован в экспериментах на установке ГДЛ метод вихревого удержания плазмы в осесимметричных магнитных ловушках.

4. Совместно с ИПФ РАН и НГУ впервые создан планарный мазер на свободных электронах с ленточным релятивистским электронным пучком и комбинированным резонатором, содержащим двумерные брегговские зеркала.

5. В совместных экспериментах с Висконсинским университетом, США, впервые продемонстрирован эффективный нагрев плазмы и стабилизация МГД неустойчивостей в пинче с обращенным полем при мощной атомарной инжекции.



**Брукхэйвенская национальная лаборатория  
Институт ядерной физики им. Г. И. Будкера,  
Новосибирск**

Установка NSLS-II обещает быть современной и иметь самую высокую яркость среди источников синхротронного излучения в мире. Эта установка позволит изучать физические и биологические материалы с пространственным разрешением 1 нм и разрешением по энергии 0,1 миллиэлектрон Вольт.

Изобретательность, тщательное изготовление и точная сборка позволили вам выполнить строгие требования масштабного производства высококачественных магнитов.

Благодарим вас за вклад в масштабный проект NSLS-II.

This is to commend

**BROOKHAVEN**  
NATIONAL LABORATORY

November 2012

**Budker Institute of Nuclear Physics, Novosibirsk**

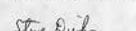
Upon completion of magnet manufacturing under BSA Contract #155222 and #181198 for the storage ring quadrupole magnets of the National Synchrotron Light Source II at Brookhaven National Laboratory, Upton, New York

Built under contract with the U.S. Department of Energy, NSLS-II promises to be the most advanced and highest brightness synchrotron light source facility in the world. This facility will enable the study of physical and biological materials at 1 nanometer spatial and 0.1 millielectron volt energy resolutions.

Using superb ingenuity, meticulous fabrication and precision assembly, you have met the stringent requirements of this large-scale production of high-quality accelerator magnets.

We congratulate you for your contributions to this exciting NSLS-II Project.

  
Sam Armon  
Laboratory Director

  
Steve Dierker  
Associate Laboratory Director  
For Photon Sciences

  
Forghani Willett  
Division Director of  
Accelerator Systems

  
Satoshi Ozaki  
Magnet Production Manager

В 2009 году в Брукхэйвенской национальной лаборатории (БНЛ, США) началось создание нового источника синхротронного излучения NSLS-II. Стоимость этого проекта составила около миллиарда долларов. Периметр основного кольца — 792 метра, на создание установки и передачу его пользователям отведено всего пять лет. Самостоятельно изготовить всё оборудование за такой короткий срок БНЛ не могла, поэтому были объявлены тендеры. В конкурсе на изготовление магнитов для основного кольца участвовали пять крупных фирм.

## Гармония качества



**Б. А. Скарбо, Т. В. Рыбickaя, С. А. Белокриницкий (первый ряд), А. А. Новиков, И. Ю. Семенов, А. А. Старостенко, А. С. Цыганов — рядом со стендом для проверки качества магнитов. Фото Н. Купиной.**

Институт ядерной физики СО РАН — известный в мире изготовитель магнитных элементов, и приглашение на участие в тендере на изготовление квадрупольных магнитов для проекта NSLS-II было закономерным. Важным условием были сроки изготовления магнитов. Обозначенные в заявке ИЯФа сро-

ки сначала не устроили заказчиков. И решено было передать этот проект другой фирме. Однако, после того, как магниты

были изготовлены, выяснилось, что они не соответствуют требованиям. Был вновь объявлен конкурс на производство уже серии магнитов, и ИЯФу настоятельно рекомендовали принять участие в этом тендере. В итоге заказчик согласился с тем обстоятельством, что по срокам изготовление будет более продолжитель-

ным, но надежным и высокого качества. И на этот раз конкурс на изготовление серии линз выиграл ИЯФ. Нужно было сделать половину «стандартных» квадрупольных магнитов основного кольца — в количестве 120 штук. Впоследствии добавились еще 7 штук. О том, как шла работа, наш корреспондент побеседовал с руководителем команды, работавшей над выполнением этого заказа, заведующим сектором 5-11, к. ф.-м. н. **Александром Анатольевичем Старостенко.**

— Работа по изготовлению квадрупольных магнитов, или как мы их называ-

ем — квадрупольей, началась в 2009 году. Квадрупольи условно подразделяются на короткие и длинные.

Основные требования предъявлялись к гармоникам магнитного поля, которое линейно зависит от радиуса. Следует отме-

Продолжение на стр. 4–5.



титель, что требования к паразитным гармоникам были весьма жёсткие: на уровне  $10^{-4}$ – $10^{-5}$  относительно основной гармоники. Нужно сказать, что ИЯФ оказался единственной компанией (из пяти изготовителей магнитных элементов), которая сумела сделать всю партию линз, удовлетворяющую всем требованиям заказчика.

Для данного типа линз межполюсное расстояние было достаточно большим по сравнению с апертурой. Это создавало определенные трудности уже при проектировании. Для большинства источников синхротронного излучения требуются квадрупольные линзы с большим расстоянием между полюсами, это нужно для того, чтобы поместить вакуумную камеру для вывода СИ внутри линзы.

Чтобы собрать такие линзы, используя стандартную технологию нашего института, требуется точность изготовления профиля полюсов, формирующих магнитное поле, на уровне 10 микрон, а это сама по себе непростая задача. Стандартная технология включает изготовление точных пластин с помощью двух штампов, черного и чистового, и последующую аккуратную склейку пластин в ярмо.

— *С какими проблемами столкнулась ваша команда?*

— На начальном этапе все было хорошо. Штампы и пластины изготавливали совместно с заводом Сибтекстильмаш, но все прецизионные ключевые детали и сборку штампов делали специалисты ИЯФа. Это позволило на готовых пластинах в критических местах получить точность на уровне 5–7 микрон.

Однако, на первых же линзах было замечено, что геометрические параметры магнитопровода не соответствуют измерениям магнитного поля, например, в симметричной квадрупольной линзе не могла появиться секступольная компонента магнитного поля. Кроме того, сборка-разборка линзы приводила к изменению гармоник на половину разрешенного диапазона.

Поэтому была разработана целая технология настройки поля готовых линз. Если говорить конкретно, то это были межпо-



**И. Ю. Семёнов, Т. В. Рыбицкая, А. А. Старостенко, Б. А. Скарбо на основном кольце NSLS-II, Брукхэйвен, США. Фото А. Цыганова.**

люсные вставки из немагнитных материалов. Это позволило исправлять низшие гармоники — секступольные и октупольные, а также обеспечило высокую стабильность гармоник после сборки-сборки линз. Для более тонкой подстройки использовались накладные части на полюса, которые можно было немного двигать. Это значительно повысило качество настройки линзы. Технология настройки была оптимизирована под серийное производство, в среднем на настройку одной линзы требовалось два дня. Все квадрупольные соответствовали техническим требованиям заказчиков, можно сказать, «с запасом». Кстати, не все компании могут проверять качество линз с необходимой точно-

стью. В ИЯФе же для таких целей П. Д. Воблым, А. М. Батраковым и другими был изготовлен уникальный стенд, один из лучших в мире: он обладает высокой точностью измерения гармоник на уровне  $10^{-6}$  относительно основной, при этом время одного измерения составляет всего несколько секунд.

— *Расскажите о коллективе, который работал над выполнением этого контракта.*

— Начинали мы эту работу вдвоем с Т. В. Рыбицкой, которая провела основные расчеты, мо-

делирование всех наблюдаемых эффектов. Позже к нам присоединился А. С. Цыганов, который активно взялся за разработку настроечных инструментов и методик. Затем в команде появились Б. А. Скарбо, И. Ю. Семенов, Ф. И. Яковлев, Э. С. Казанцева. Это команда, которая работала непосредственно с линзами. Кроме того, А. А. Новиков выступил в качестве «двигателя» бумажно-бюрократической машины, оформляя гору бумаг. Неоценимую помощь оказывал С. А. Белокриницкий, с большим энтузиазмом участвуя во всех начинаниях и неизменно поддерживая высокий моральный дух команды.

Заказчики задавали основные параметры, внешние габариты, которые нельзя превышать — все это было специфицировано и предоставлено в эскизах с основными конструкторскими решениями. В ияфовском конструкторском отделе этим проектом занимались А. В. Суханов, Н. С. Кремнев.

— И, безусловно, огромный объем работы был выполнен специалистами ЭП-1. Благодаря их опыту и грамотному подходу



к решению производственных проблем, заказ был выполнен в срок и с высоким качеством, — подчеркнул Александр Анатольевич, завершая нашу беседу.

В мае 2012 года последние линзы были отправлены в Брукхэйвен, где их проверили и одобрили.

Сейчас там ведется сборка, занимаются этим специалисты БНЛ. Нужно сказать, что при транспортировке не обошлось без проблем: два магнита уронили. Один сразу вернули в ИЯФ, а другой все-таки продолжил путь к месту назначения, хотя при падении пострадал серьезно. Однако, как выяснилось, можно было восстановить один из контуров охлаждения. А. А. Старостенко поехал туда в командировку, убедил собрать временную схему и провести магнитные измерения, которые показали, что даже после такого падения магнитное поле было великолепное. Тем не менее, этот магнит пришлось возвращать в ИЯФ, где его благополучно восстановили и отправили обратно в БНЛ.

Еще в июне прошлого года на имя директора нашего института пришли письма (их копии получила и редакция «Э-И»), в которых была дана высокая оценка работе ияфовских специалистов по изготовлению магнитов для накопительного кольца NSLS-II. Эти письма были подписаны руководителем производства магнитов для накопителя NSLS-II С. Озаки и заведующим отделом конструирования ускорительных систем NSLS-II С. Шарма.

В частности, там говорится: «От имени команды проекта NSLS-II, мы хотели бы выразить нашу признательность

ление предложения по усовершенствованию конструкции чистового штампа.

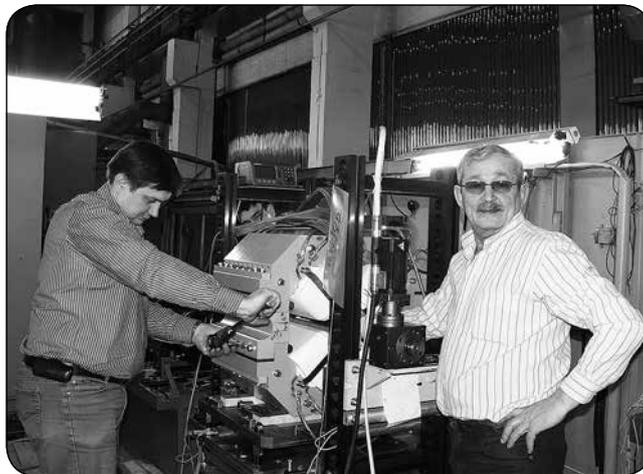
Была собрана отличная команда, в составе которой были Татьяна Рыбицкая, Александр Цыганов, Борис Скарбо, Игнатий Семенов и Эрика Казанцева. Добиться того, чтобы каждый квадруполь, изготовленный в ИЯФе, соответствовал нашим жестким техническим условиям и, в том числе, техническим условиям повторной сборки — это действительно большое достижение.

Стоит отметить, что эта команда проявила изобретательный подход в использовании накладных частей на полюсах для настройки некоторых высших гармоник. Магнитные измерения данных, которые выполнила эта команда, были абсолютно достоверными. Мы хотим поблагодарить этот коллектив за высокий профессионализм.

Мы также высоко оценили отличные выступления членов этой команды на семинаре по производству магнитов, который состоялся в БНЛ в апреле 2012 года».

Добавим, что эта работа была отмечена специальным дипломом, который наши специалисты привезли из БНЛ в ноябре прошлого года.

Опыт работы по выполнению этого сложного заказа еще раз подтвердил, что квадрупольные магниты данного типа лучше всего в мире делают именно в ИЯФе.



*А. С. Цыганов, Б. А. Скарбо — сборка квадруполя на стенде магнитных измерений.*

*Фото А. Старостенко.*

и искреннюю благодарность Александру Старостенко и его команде за успешное завершение производства квадруполь в ИЯФе.

К изготовлению квадруполь NSLS-II предъявлялись жесткие требования, было не-



*А. А. Старостенко — проверка качества склейки половинок квадруполь. Фото А. Цыганова.*

обходимо выдерживать поверхность полюса и точность сборки на уровне 10 мкм. Изначально мы были обеспокоены вопросом получения такой точности без вторичной обработки.

Но удалось найти инновационные решения всех технических проблем. В частности, на нас произвели большое впечат-

*И. Онучина.*



## «Заказ был сложный, но очень интересный»



Магниты для БНЛ изготавливались на ияфовском экспериментальном производстве — ЭП-1. Успешно осуществить этот проект стало возможным лишь потому, что экспериментальное производство нашего института представляет собой мобильный и высококвалифицированный коллектив.

Непосредственно руководил этой работой один из заместителей начальника ЭП-1 Егор Сергеевич Рувинский. Наш корреспондент попросил его ответить на несколько вопросов.

— *В чем заключалась особенность этого заказа?*

— Главным образом — в точности, предъявляемой к изготовлению магнитов, она составляла 10 микрон. Изделие нестандартное, такая точность никогда ранее нами не достигалась, более того, в начале работы у нас сложилось ошибочное представление, что механическая точность изготовления не играет большой роли.

К тому же на начальном этапе мы потеряли почти год из-за того, что пришлось проводить множество согласований, причем не с заказчиками, а внутри института. Одних конструкторских вариантов изделия было предложено пять или шесть. Целый год мы согласовывали чертежи и пытались сделать прототипы.

— *Наверное, это был период испытания на прочность вашего коллектива?*

— В начале было много желающих принять участие в этой работе, но когда начались серьезные трудности, связанные с изготовлением, то некоторое количество людей отсеялось. Это были те, кто понял, что задача непростая, что для ЭП эта работа в какой-то степени научная и больших дивидендов на ней не получишь.



**В. А. Кохановский —  
начальник цеха, ЭП-1.  
Фото Н. Купиной.**

Руководство и института, и экспериментального производства очень терпимо относились ко всем нашим пробам и ошибкам, что тоже в немалой степени помогало в работе над заказом.

Сотрудничество с лабораторией (А. А. Старостенко), с которой мы работали, было очень эффективным и конструктивным.

Определяющий вклад в эту работу внесли многие специа-

листы ЭП-1: Б. Ф. Чирков, начальник ЭП-1, сыграл очень важную роль, помогая всеми доступными средствами, профессионализм и ответственность начальника цеха В. А. Кохановского, мастеров — В. А. Косарева, А. Н. Суднева, Д. И. Дроздова, Г. А. Игнатикова (к сожалению, он ушел на пенсию) во многом способствовали успеху работы.

Технологическое бюро во главе с М. Н. Бобковым сыграло очень важную роль в решении этой сложной задачи. Была разработана эффективная технология, наши специалисты смогли придумать приемы, варианты изготовления этих уникальных магнитов.

Если говорить о рабочих, то очень внимательно относились к этому заказу Владимир Владимирович и Вячеслав Владимирович Перезоловы — семейная династия.

Над выполнением этих магнитов в той или иной степени работало все ЭП-1, но если обозначить круг людей, станочников, непосредственно работавших с магнитами, это примерно человек пятьдесят.

Нужно сказать, что весь коллектив экспериментального производства с большим пониманием относился к выполнению этой работы: все знали, что это очень сложная и нетривиальная задача и активно помогали в ее решении.

— *Казалось бы, какая разница — 20 или 10 микрон, обыч-*



ным глазом даже заметить невозможно. В чем проблема?

— Чтобы изготовить изделие с точностью 10 микрон, уровень развития производства должен быть на порядок выше, чем он был у нас до этого. И то, что удалось это осуществить — огромная заслуга руководства института и экспериментального производства.

— Что было для этого сделано?

— Было закуплено и установлено новое оборудование, конечно, не под этот заказ, но так сложилось, что именно в этот момент оно у нас появилось, и мы его использовали. Для работы на новых станках шло обучение тех людей, которые закрепляются за ними. Это современное, очень сложное оборудование с программированием, ко-



*Е. С. Рувинский, А. Г. Синчева — контроль высоты боковой вставки квадруполя.  
Фото А. Старостенко.*

торое открывает для нас новые перспективы и позволяет решать еще более сложные задачи.

Чтобы поднять уровень производства, необходимо было развивать новые технологии, осваивать и применять новые технологические приемы.

Если бы такой заказ нужно было сделать лет двадцать назад, то мы не смогли бы его выполнить.

— Какое мнение об этой работе после ее завершения сложилось лично у вас?

— Заказ был большой, сложный, параллельно шли научные исследования, но он был очень интересный. Эта работа вывела наше экспериментальное производство на более высокий технологический уровень. Несмотря на все сложности долгого пути, который нам всем вместе пришлось пройти, у меня остались положительные эмоции. Думаю, нам по силам новые, еще более сложные задачи.

*И. Онучина.*

## Детский лыжный праздник

Во время зимних каникул на лыжной базе имени В. Е. Пелеганчука состоялся детский лыжный праздник, который ежегодно проводит ИЯФ. В соревнованиях могли участвовать дети до пятнадцати лет, нижний возраст не ограничен. Самые младшие участники были с 2010 года рождения — Камеллеры М. и Данильченко Р. Каждый юный лыжник получил на финише шоколадку в качестве приза, после подведения итогов состоялось награждение победителей. По давней традиции в этих соревнованиях участвовали и дети сотрудников нашего института, и гости.

Самые маленькие участники, в возрасте до шести лет и младше, соревновались на дистанции в 500 метров. Первые три места заняли гости: Храпко Д., Храпко А., Немов С., а среди ияфовских ребятшек в этой группе лучшими были: Соколов Ю., Лотова Д., Хохлунова С.

Ребята постарше — семь-восемь лет — пробовали свои силы на дистанции в один километр. Первые три места здесь заняли: Чесноков Н., Лотов И., Рева И. — их родные работают в ИЯФе.

В возрастной группе девять-десять лет (дистанция та же) ИЯФ представляла одна участница — Димова Н., она и заняла первое место, второе и третье места заняли гости — Лылова С. и Сувэрнев М.

Подростки 11–13 лет соревновались на двухкилометровой дистанции. У мальчиков победителями стали: Гребенников А. (гость), Перминов В. (ИЯФ), Крашениник В. (гость). Среди девочек первые три места заняли гости: Юдина Ю., Дульцева С., Жилкина Д. А среди ияфовских девочек лучший результат показала Ахметшина Л.

Самую длинную дистанцию в три километра предстояло пройти самым старшим — возрастной группой 14–15 лет. Здесь было всего два участника: Подгузов А. и Нелюбова С. Они и заняли оба первых места.

Пока судьи подводили итоги, участники соревнований в ожидании награждения могли сделать круг по стартовой поляне верхом на лошади или спуститься по канатной переправе, попить чаю с сушками и конфетами, просто пообщаться. Подробный протокол соревнований можно посмотреть на сайте ИЯФа [http://www.inp.nsk.su/tradeunion/activity/sport/ski/kalendar1213/protokols/13\\_01\\_06.html](http://www.inp.nsk.su/tradeunion/activity/sport/ski/kalendar1213/protokols/13_01_06.html)

*В. Ершов.*

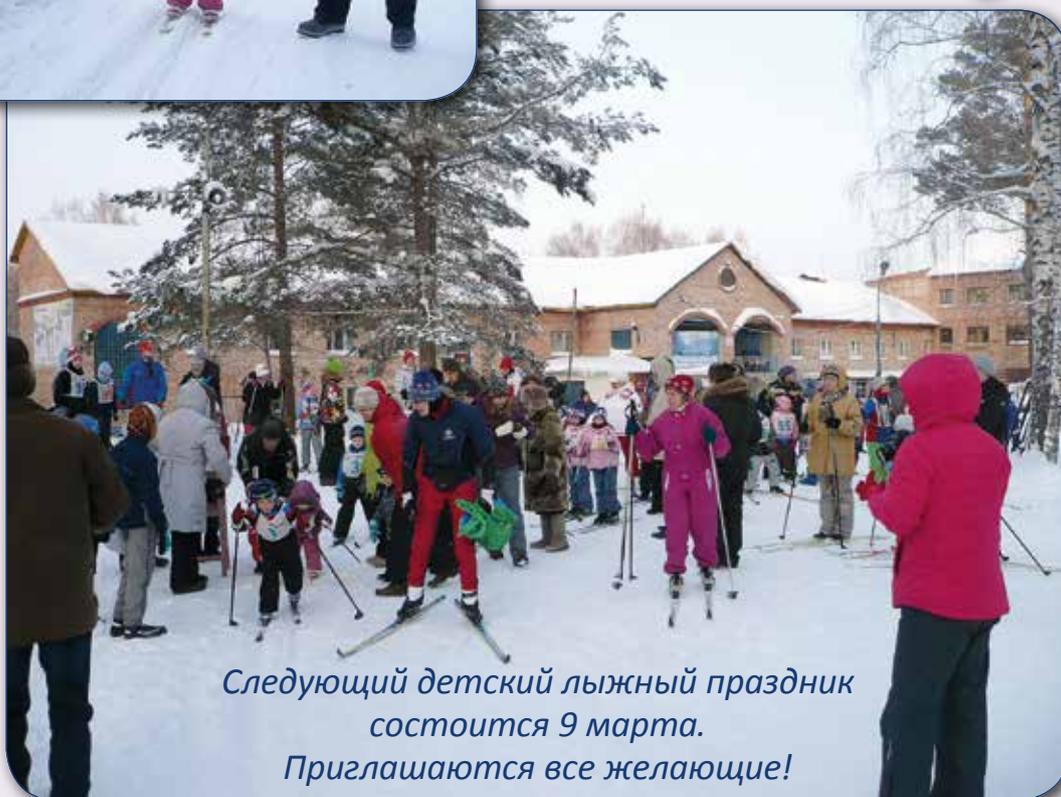


## Детский лыжный праздник

Фоторепортаж В. Филиппова.



Чудесных добрых змеек  
и в новогоднем номере,  
и в этом нарисовал  
Д. Чекменёв.



Следующий детский лыжный праздник  
состоится 9 марта.  
Приглашаются все желающие!

Адрес редакции: 630090, Новосибирск,  
просп. Ак. Лаврентьева, 11, к. 423.  
Редактор И. В. Онучина.  
Телефон: 8 (383) 329-49-80  
Эл. почта: [onuchina@inp.nsk.su](mailto:onuchina@inp.nsk.su)

Газета издается  
ученым советом и профкомом  
ИЯФ им. Г. И. Будкера СО РАН  
Печать офсетная.  
Заказ №0113

«Энергия-Импульс»  
выходит один раз  
в месяц.  
Тираж 450 экз.  
Бесплатно.