

Повестка дня

Вакцинация стала авральной и неизбежной

Общество

За деньги не рождем: почему страны теряют население

ЭКСПЕРТ

21–27 ИЮНЯ 2021 № 26 (1212)

ISSN 1812-1896



2 10 26



9 771812 189009

Русский бизнес

Уличная еда стремится в экосистемы

WWW.EXPERT.RU

ПОДПИСНЫЕ ИНДЕКСЫ: П6238, П6239, 72550, 48332

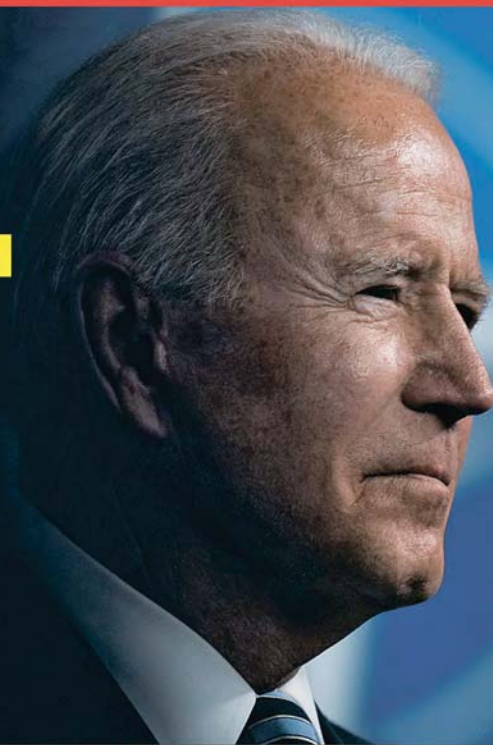


РАЗРЯДКА

Убедит ли Байден Европу и Россию не дружить с КНР?

ПРОТИВ КИТАЯ

стр. 11



АФГАНИСТАН БЕЗ ХОЗЯИНА

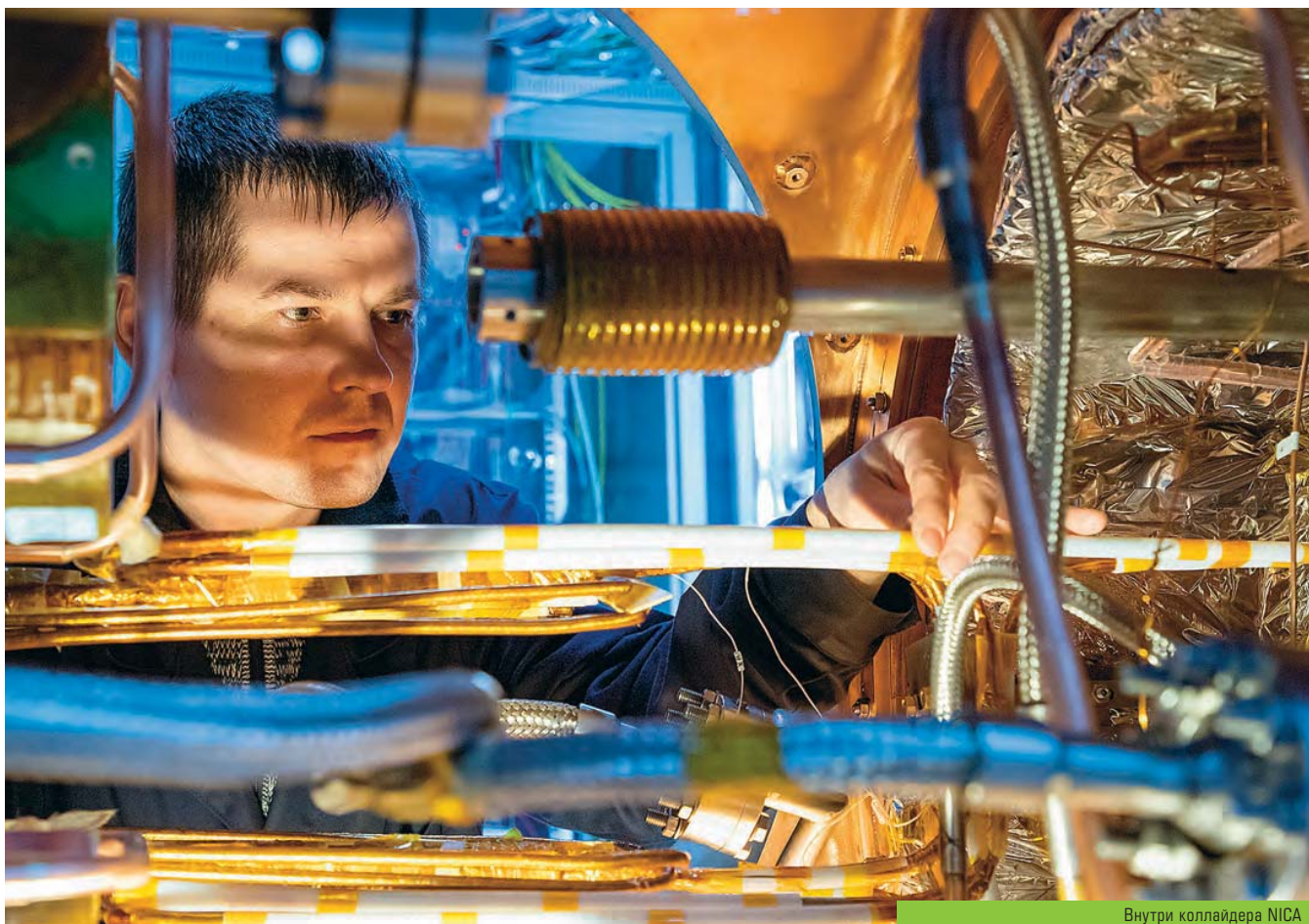
стр. 48

У границ России зреет новая война

Анастасия Шартогашева

Коллайдеры новой эры

Ускорительный комплекс NICA в Дубне будет решать большие вопросы современной физики — и готовить специалистов



Внутри коллайдера NICA

В двадцатом веке на Земле произошло нечто такое, чего никогда не происходило ни на одной другой планете. Она засияла в радиодиапазоне — так, как делают только звезды. На поверхности пошли звездные процессы: слияние атомных ядер в термоядерной реакции. Появились химические элементы, которых во Вселенной нет и никогда не было. **Анатолий Сидорин**, физик из Объединенного института ядерных исследований (ОИЯИ) в Дубне, видит в этом приметы фазового перехода в ноосфере. Это момент коренного перелома, когда вещество резко меняет свои свойства — как вода, когда она превращается в пар или лед.

— В середине прошлого века человечество было полно решимости по-

кинуть Землю и начать активное расселение по галактике, — рассуждает Анатолий Сидорин. — Для этого не хватало самой малости: неисчерпаемого источника дешевой энергии. Его обещала физика высоких энергий, которая поэтому стала самой главной наукой. Большие физические установки за сотни миллионов долларов начали строить именно под ее задачи. В результате она объяснила, как устроен мир на фундаментальном уровне и почему ни новых бомб, ни дешевой энергии ожидать не приходится.

Сначала ускорители частиц и экспериментальные реакторы строили для создания ядерного оружия, позднее — для изучения структуры материи. Но сейчас, по эту сторону фазового перехода, физика уступила первенство другим

наукам, считает Сидорин. Поэтому ни одна новая физическая установка не может строиться без мысли о том, как она может помочь другим наукам и вообще людям на Земле.

Сейчас Анатолий Сидорин — заместитель начальника ускорительного отделения лаборатории физики высоких энергий ОИЯИ. С 2005 года он участвует в строительстве нового большого ускорительного комплекса NICA (Nuclotron-based Ion Collider fAcility; в речи русских физиков — просто «Ника»), установки которого должны обеспечить выполнение как широкой программы фундаментальных исследований (работы по которой уже проводятся), так и нескольких прикладных программ, от медицины до тестирования аппаратуры для космоса. Основной экспериментальной установкой комплекса

Трехмерная модель комплекса NICA



будет коллайдер, который должен начать работу в 2022 году.

Ускоренные ядра против рака

Создатели «Ники» с самого начала заложили в план методические исследования по радиационной медицине, в том числе метода углеродной терапии, который считается одним из самых эффективных для лечения некоторых видов раковых заболеваний. Клинических установок, которые могут производить необходимые для этого пучки, в мире всего тринадцать, одна из них в России, в недавно открытом Центре углеродной терапии.

Но кроме медицинских установок, где проводится лечение пациентов, необходимы центры, где на фантомах (моделях) человеческого тела отрабатываются способы формирования дозовых полей в месте расположения опухолей, разрабатывается оптимальная программа процедур, отлаживается программное обеспечение. И кроме того, готовятся кадры для квалифицированного обслуживания клинических установок. Подобные методические исследования в России до последнего времени проводились в основном на Серпуховском синхротроне в подмосковном Протвине. Одна из задач «Ники» — включиться в эту работу на новом уровне: с использованием системы электронного охлаждения, позволяющей формировать пучки микронных размеров.

Медицинских ускорителей, как известно, в России не хватает: по оценке Минздрава, на 300 тысяч человек населения должен быть хотя бы один, а сейчас на всю страну работает чуть больше сот-

ни. Среди них ускорителей ядер — единичны. В решении этой проблемы тоже может помочь «Ника». Сейчас на проект NICA всю работу выполняет единственный в мире завод по производству сверхпроводящих магнитов по технологиям, которые разработали тут же, в Дубне. Эти компактные, экономичные и относительно дешевые магниты могут стать основой для создания и научных, и медицинских ускорителей.

Тяжелые ядра для космоса

В космосе ускоренные частицы, очень похожие на производимые на «Нике», летают сами по себе; они очень малы, но летят с такой скоростью, что могут разнести какую-нибудь плату или солнечную панель любого аппарата. Земля защищает от этих частиц атмосфера и магнитное поле планеты, поэтому тестировать детали космических аппаратов до запуска можно только на больших ускорителях вроде «Ники». Роскосмос будет отправлять на «Нику» электронику будущих спутников — для того, чтобы ее обстреливали ускоренными ядрами.

Пучки частиц помогают вылечить опухоли мозга, но иногда под летящие из ускорителя ядра подставляют и здоровые головы — правда, не человеческие. На «Нике» планируют исследовать влияние тяжелых ускоренных частиц на психику и мышление. По предварительным данным, которые получили на обезьянах, даже небольшие, безопасные для здоровья дозы тяжелых частиц при прохождении через мозг заметно снижают когнитивные способности. Подвергнутые обстрелу

макаки решали простые задачки хуже, чем до того, как подставили голову под пучок. Страшно представить, к чему такое снижение умственных способностей может привести, случись оно с пилотами дальней космической миссии, например марсианской. Параллельно с экспериментами на животных физики из Дубны будут искать способ защитить будущих космонавтов от космических частиц.

На плечах гигантов

На стройплощадку будущего коллайдера недавно привезли из Италии новый сверхпроводящий магнит — гигантское десятиметровое кольцо серебристого металла; оно станет основой будущего детектора частиц. Магнит установили в новеньком павильоне, где разместится будущий детектор. Полностью готова система инъекции ионов и небольшие ускорители, которые будут придавать частицам первоначальный импульс; уже работает промежуточный ускоритель — бустер. В общем, ускорительный комплекс активно развивается. Но так было не всегда.

— После распада СССР институт бедствовал, — вспоминает Анатолий Сидорин. — Бюджета едва хватало на зарплаты и коммуналку. Какие-то приличные деньги зарабатывала только горстка физиков, которые помогли строить зарубежные установки: в Европейском центре ядерных исследований (ЦЕРН), в США, в Германии. Институт спас академик Алексей Норайрович Сисакян. В отличие от своего отца — замечательного советского ученого, одного из создателей

Пучки частиц помогают вылечить опухоли мозга, но иногда под летящие из ускорителя ядра подставляют и здоровые головы — правда, не человеческие. На «Нике» планируют исследовать влияние тяжелых ускоренных частиц на психику и мышление

космической медицины, работавшего с первым отрядом космонавтов, — он выбрал карьеру физика-теоретика. Азы современной физики я постигал в том числе и по его лекциям в дубненском университете. Я с ним познакомился в середине девяностых, когда он в ранге вице-директора решал практически все вопросы жизни института, в том числе хозяйственные. И когда его выбрали директором, каюсь, я лично никаких надежд на изменения к лучшему с его именем не связывал. Первые его шаги по преобразованию института большинство сотрудников восприняло скептически («в академики рвется»), а часть и откровенно враждебно: он начал уменьшать участие в зарубежных проектах, делая упор на развитие установок в самой Дубне.

Сисакян выбрал два направления: нейтронную физику — для нее модернизировали уникальный импульсный реактор; физику сверхтяжелых ядер — для нее в лаборатории имени Флерова построили новый ускоритель ДЦ-280, или фабрику сверхтяжелых элементов. За последние двадцать лет в лаборатории открыли пять новых химических элементов, в ближайшие годы начнут работу по поиску еще двух, с номерами 119 и 120.

Третьей стала «Ника».

— Знакомых на улице узнаешь издали, — продолжает Сидорин. — По фигуре, по одежде, по походке, по каким-то неуловимым особенностям. Иногда в метель на улице Сахарова замечаешь метрах в ста впереди кого-то знакомого. И вдруг улыбка касается губ: «Сисакян».

«Холодильник» для пучков

Способ уменьшить размер и угловую расходимость пучка ионов электронами, или, как говорят физики, «охладить» пучок, придумал примерно полвека назад советский физик **Герш Будкер**, в то время руководитель Института ядерной физики в Новосибирске. Придумал именно для коллайдеров. Там же, в Новосибирске, эта идея была впервые экспериментально проверена.

Сейчас электронное охлаждение используется на многих ускорителях в мире для самых разных применений, в том числе для медицины. И примерно половина всех систем электронного охлаждения спроектирована и изготовлена в Институте ядерной физики имени Будкера СО РАН. Но после первых экспериментов и до последнего времени ни одной такой установки не было только в России. Сейчас две системы электронного охлаждения будут использоваться на «Нике»: одна — для обеспечения высокой эффективности работы коллайдера, вторая — для формирования пучков высокого качества, например для медицинских исследований. Охлажденный пучок ионов можно сфокусировать на раковой опухоли размером меньше миллиметра и удалить ее без повреждения окружающих здоровых тканей. ■

И лишь несколько секунд спустя разом подсказывает: «Ты ошибся, Сисакян умер уже много лет назад». Много лет назад умер человек, похожий на колобок с румяной хрустящей корочкой и пахучим мякишем внутри. Оптимист, несмотря на все личные трагедии, от которых его не хранила судьба, как, впрочем, и любого из нас. Человек, запустивший над Дубной пеструю бабочку с греческим именем.

Есть хорошая традиция связывать новые открытия, крупные установки, оригинальные технические решения с именами авторов: «катушки Румкорфа», «пробки Пархомчука», «дубненская поляна», «бозон Хиггса»... Мне было бы уютнее на этом свете, если бы...

Нуклотрон 1.0

NICA продолжает традиции легендарного дубненского ускорителя — синхрофа-

зотрона. Синхрофазотрон, сооружение советских времен, потреблял больше электричества, чем весь город Дубна. По легенде, председатель дубненского горкома партии отправлялся в институт, когда нужно было выполнить план по экономии электроэнергии. Умолял физиков: «Выключите на день свою машину!» Работать на синхрофазотроне было дорого уже в семидесятые годы, а после развала СССР синхрофазотрон работал по четыре месяца в году. Этого маловато: для нормальной работы ускорительщикам нужно гонять пучки годами — эксперименты на БАКе, например, длятся по два-три года.

— Синхрофазотрон решено было остановить и построить на его месте новый, менее энергозатратный ускоритель, — рассказывает Сидорин. — Его назвали нуклотроном. От одного нереализованного проекта — двадцатикилометрового

Пресс и молот

Весь двадцатый век физики гнались за большими энергиями: чем сильнее столкнем частицы, тем больше получим мелких осколков, из которых можно что-то понять. Но гонка за энергией почти закончилась. Те машины, которые мы теперь строим, гораздо скромнее — NICA, например, по мощности гораздо ниже Большого адронного коллайдера (БАК). И не потому, что не хватило размаха; просто это совсем разные машины.

БАК работает как кузнечный молот. Он сталкивает частицы так, что в зоне столкновения становится жарко. Это было нужно, чтобы найти бозон Хиггса — частицу, которая придает другим частицам массу. Коллайдер четыре года сталкивал пучки протонов, наращивая энергию. Ученые тем временем прогоняли собранные на детекторах данные через аналитические программы. В 2012 году поползли слухи: две команды физиков независимо нашли достаточно доказательств бозона Хиггса. Так БАК справился со своей главной научной задачей.

«Ника» похожа не на молот, а скорее на гидравлический пресс, который делает искусственные алмазы. Она будет сталкивать ядра золота с энергией в сто раз меньшей, чем на БАКе (впрочем, все равно огромной — до 11 гигаэлектронвольт, ГэВ) и при относительно низкой температуре («всего» несколько триллионов градусов). Это нужно для того, чтобы вещество до предела сжалось, как уголь в момент превращения в алмаз — вместо того, чтобы, как в БАКе, расширяться от нагревания. Плотность — главный параметр, за который борются создатели коллайдера.

Только на «Нике» в результате сжатия получится не алмаз. Алмазы состоят из обычного вещества — из атомов, в ядрах которых прочно связаны протоны с нейтронами. «Ника» будет порождать странное вещество, в котором границы между отдельными протонами и нейтронами размыты. Это самое плотное вещество во Вселенной. Из него состояла Вселенная сразу после Большого взрыва; сейчас из него, вероятно, состоят только нейтронные звезды. ■

ускорителя вроде Большого адронного коллайдера — институту досталось несколько криогенных установок для наработки жидкого гелия. Вот мы и вели хозяйственную деятельность: ожижали гелий, продавали его в Европу, на вырученные средства строили нуклотрон. После этого, почти без дополнительного финансирования, нуклотрон проработал без малого двадцать лет.

Нуклотрон 2.0

В какой-то момент стало понятно, что нуклотрон нужно модернизировать. Академик Сисакян назначил на роль реаниматора нуклотрона молодого физика Григория Трубникова.

— Трубников блестяще справился. нуклотрон заработал, — рассказывает Сидорин. Кроме прочего, Трубникову удалось сломать сложную и неэффективную систему подачи заявок на оборудование, из-за которой возникали трудности у многих тогдашних проектов.

Десять лет назад, незадолго до смерти, академик Сисакян говорил о Трубникове как об одном из главных строителей NICA; сейчас Трубников возглавляет ОИЯИ.

В 2009 году звезды сошлись: страны-участницы согласились финансировать все три проекта, в том числе NICA. Дело пошло. Сейчас в институте, кажется, никто не сомневается в том, что «Нику» запустят в назначенный срок — в 2022 году.

Не одна такая

Обновленный нуклотрон превратился в основной ускоритель будущей «Ники»; в нем тяжелые ионы будут набирать скорость перед тем, как отправиться в кольца коллайдера и на экспериментальные установки. В кольцах коллайдера пучки еще немного покружат и



Кварковой бомбы не будет

Чего на «Нике» точно не решат, так это задачу о том, как использовать энергию распада протонов и нейтронов. Уже лет тридцать ученым понятно, что это задача в принципе нерешаемая. Но так было не всегда: в конце восьмидесятых — начале девяностых много говорили и писали и о кварковых бомбах, и о возможности «мирного кварка».

Идея казалась соблазнительной, потому что физика на том историческом витке сильно напоминала физику начала XX века. То было время атома. Эрнест Резерфорд доказал существование атомов и их ядер; Фредерик Содди прикинул энергию распада ядра — и она оказалась огромной. На то, чтобы обуздать эту энергию, ушло всего несколько десятилетий.

Конец двадцатого века был временем субатомных частиц. К девяностым физики разобрались в зоопарке частиц, составляющих протоны и нейтроны, и рассчитали энергию, которая удерживает их вместе. По сравнению с ней даже энергия атомного ядра показалась смешной.

В газетах пошли разговоры о кварковых бомбах, кварковых электростанциях. Строителям ускорителей на какое-то время стало чуть легче искать финансирование. Но продолжалось все это недолго: энергия, запертая в протонах и нейтронах, оказалась заперта слишком надежно. Сейчас понятно, что ни кварковых бомб, ни мирного кварка человечество не увидит никогда. Изучение кварков и глюонов на сегодняшний день представляет только теоретический интерес. ■

столкнутся в специально оборудованных местах. Столкновение и его последствия зафиксируют детекторы. Их на «Нике» будет два: один многоцелевой (MPD), другой — для спиновой физики (SPD).

MPD будет регистрировать частицы, которые рождаются из пресловутой кварк-глюонной плазмы. У них есть измеримые параметры — скорость, энергия, масса, направление, количество; по ним детектор будет определять тип частиц. То, что будут измерять на втором детекторе, относится к части квантовой физики, аналогов в обычном мире не имеющей. Достаточно сказать, что понимание спиновой физики даст нам фундаментальное понимание магнитных явлений. В мире есть всего один подобный детектор, и он работает на американском коллайдере RHIC («Рик»).



«Лет на пятьдесят для «Ники» работы точно хватит, а потом такие большие ускорители вообще перестанут быть нужны. Так что прогнозы можно делать в пределах полувек. Мы соберем здесь интересные данные, а теоретики найдут интересную физику»

— «Рик» в Брукхейвенской лаборатории занимается примерно тем же, чем будет заниматься «Ника». Есть еще похожая программа в ЦЕРНе, есть тяжелоионный эксперимент ALICE на БАКе. Через четыре года запустят эксперимент на ускорителе FAIR в Германии. Все они немного отличаются от «Ники» параметрами, — объясняет Сидорин.

Некоторые научные машины уникальны. БАК, например, до сих пор лидирует по энергии соударения пучков. «Ника» тоже по-своему будет единственной в своем роде.

К запуску «Ники» в 2024 году «Рик» могут закрыть навсегда — по крайней мере, так заявило министерство энергетики США в начале прошлого года. Но всего через год под Дармштадтом запустят FAIR, а эксперимент ALICE на Большом адронном коллайдере будет про-

должаться еще много лет, как и другой Женевский эксперимент на ту же тему. Впрочем, это не значит, что «Ника» будет за кем-то повторять.

— Мы с другими тяжелоионными коллайдерами не соревнуемся, как бы об этом ни писали в газетах. Иметь ускоритель у себя в стране — это преимущество, но задача для этой установки не перестает быть интересной оттого, что ее уже решает кто-то другой, — объясняет Сидорин.

Научная задача «Ники», по его словам, не требует ответов типа «да» или «нет». Она, скорее, похожа на тетрадку в клеточку, где каждая клетка — это свойства вещества при определенной плотности и температуре. Те клетки, которые будет заполнять «Ника», находятся далеко от тех, которые в 2025 году начнут заполнять на ускорителе FAIR. На «Рике» к тому времени разберутся с третьей частью тетради; в ЦЕРНе — еще с одной.

Даже если области пересекутся, это не будет бесполезно. Во-первых, научный результат только тогда чего-то стоит, когда не зависит от того, где проводили эксперимент — в Дубне или в Брукхейвене. Во-вторых, в физике частиц все решают данные. Чем их больше, тем лучше.

Планы на полвека

Чем больше данных, тем достовернее результат; недаром для подтверждения открытия бозона Хиггса понадобилась работа не одной, а двух коллабораций ученых и четыре года экспериментов и расчетов. Сколько понадобится «Нике», никто не знает.

— «Ника» целиком — настолько сложная штука, что предсказать, как она работает, заранее невозможно. — Сидорин разводит руками. — Мы можем создать виртуальные модели отдельных частей и менять в них параметры, но общей модели для всего коллайдера нет. Поэтому с прогнозами мы стараемся обращаться осторожно. Судьба ускорителя может складываться очень по-разному — взять хотя бы историю американского тэватрона.

История действительно показательная. Ускоритель тэватрон с десяток лет оставался самым мощным в мире. В конце прошлого века, когда его строили, еще актуальна была гонка за большими энергиями, поэтому тэватрон был очень востребован.

Но строился тэватрон медленно и мучительно. В первые годы он работал вовсе не так, как планировалось; его годами доводили до проектной мощности. Поговаривали, будто глава американской Лаборатории имени Ферми Леон Ледерман ошибся, сделав ставку на ускоритель. Время показало, что Ледерман был прав. На тэватроне сделали столько открытий,

Куда уходят гиганты?

Большие ускорители частиц часто превращаются в этикие мемориалы самим себе. Что можно, разбирают и переносят на другие машины — например, «Рик» унаследовал бетонный щит от старенького беватрона. Детали, которые контактировали с пучком, выставляют, пока радиационный фон не сравняется с естественным — и тоже отдают на новые стройки. В конце века гигантский магнит детектора «Ники», рядом с которым сейчас фотографируются гости института, вероятно, тоже куда-нибудь переедет. ■

что хватило бы на десять установок, а одну частицу — топ-кварк — открыли еще до того, как ускоритель заработал в полную силу.

— Лет на пятьдесят для «Ники» работы точно хватит, — смеется Сидорин, — а потом такие большие ускорители вообще перестанут быть нужны. Так что прогнозы можно делать в пределах полувек. Мы соберем здесь интересные данные, сохраним их, теоретики потом долго будут их анализировать и, наверное, найдут какую-нибудь интересную физику. Мы заполним в тетрадке все клеточки и выведем из них какие-то закономерности. Но потом все это неизбежно закончится — и все наши ускорители превратятся в артефакты ушедшей цивилизации, подобно двадцати километрам недостроенного тоннеля в пустыне штата Техас или двадцатикилометрового тоннеля в Протвино.

Окончание эпохи гигантских ускорителей предвидит не только Анатолий Сидорин. Дело в том, что к энергиям, которые достижимы на машинах разумного размера, мы уже достаточно близки. В Китае уже проектируют самый мощный в истории ускоритель с энергией столкновения до 100 тераэлектронвольт (ТэВ; на БАКе достигали 14 ТэВ), но вряд ли когда-нибудь будет построен коллайдер мощнее. Для таких машин нужны огромные тоннели — протяженностью в десятки и сотни километров. Даже если на их постройку найдутся деньги, останется естественное ограничение — размеры нашей планеты.

Для ускорителей, работающих в более скромном диапазоне энергий, не так-то велик спектр научных задач. С ними вполне реально справиться за ближайшие десятилетия. Может быть, к тому времени Земля переживет еще один фазовый переход. Как будет выглядеть новая планета и новая физика, мы узнаем лет через пятьдесят.

■ Фотографии предоставлены пресс-службой ОИЯИ