

Электронные коллекции ядерных данных как средства фундаментальных и прикладных исследований в области физики атомных ядер и ядерных реакций*

© И.Н. Бобошин, В.В. Варламов, С.Ю. Комаров, Н.Н. Песков, М.Е. Степанов,
В.В. Чесноков

Центр данных фотоядерных экспериментов
Научно-исследовательский институт ядерной физики им. Д.В. Скобельцына
Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова
Varlamov@depni.sinp.msu.ru

Аннотация

Описывается система реляционных баз данных (БД) по физике атомных ядер и ядерных реакций, созданная в рамках широкого международного сотрудничества – Сети Центров ядерных данных МАГАТЭ, участником которой много лет является ЦДФЭ НИИЯФ МГУ. Несколько больших (полных, репрезентативных) электронных коллекций ядерно-физических данных в сочетании с мощными и гибкими поисковыми системами позволяют решать широкий круг задач в традиционном для БД направлении информационного обеспечения научных и прикладных исследований. Вместе с тем, они позволяют на основе полученных ранее данных получать данные новые, что делает их новым инструментом (средством) собственно исследований.

Доклад включает краткие описания содержания основных БД ЦДФЭ и примеры использования БД для получения новых данных, новой информации и, в конечном счете, нового знания.

1 Введение

Любая электронная коллекция по существу представляет собой всего лишь «склад готовой продукции» – сведения об окружающей нас действительности, соответствующим образом собранные и оформленные. Если такие сведения являются отрывочными (фрагментарными), коллекция так и остается «складом». Однако, если эти сведения достаточно полно характеризуют описываемый ими объект, в полном соответствии с известным философ-

ским законом количество переходит в качество. Если говорить более правильно – количество, конечно же, так и остается количеством, но, начиная с некоторого уровня, начинает эффективно способствовать рождению и росту нового качества, становится своеобразной средой (почвой) на которой и вырастает новое качество. Это становится очевидным, когда достаточно полной коллекции данных определенного типа придается мощная и гибкая поисковая система, преобразующая коллекцию в реляционную базу данных (БД). Электронные средства поиска точно определенного объекта среди большого (огромного) количества «готовой продукции», «разложенной» по многим «полочкам», снабженным точными реквизитами («этикетками»), открывают многие новые возможности для получения новых научных данных и знаний, среди которых в первую очередь могут быть отмечены следующие:

- выявление на основе совместного анализа результатов многих экспериментов неизвестных ранее систематических закономерностей;
- определение на основе совместной оценки результатов различных экспериментов их систематических погрешностей;
- получение точных и надежных новых данных на основе объединенной оценки результатов различных экспериментов с учетом их систематических погрешностей;
- оценка результатов экспериментов, которые по тем или иным причинам не были (не могут быть) проведены.

Возможность исследовать подобные закономерности означает, что развитые БД обладают определенными аналитическими и предсказательными возможностями.

Иными словами – удобный одновременный и эффективный доступ к огромному количеству данных не только определенного типа, но и разных типов, позволяет задавать вопросы (формулировать запросы к БД), которые без такого доступа просто не могли «приходить в голову» исследователю по простой причине – для них не было оснований. Об-

Труды 10-й Всероссийской научной конференции «Электронные библиотеки: перспективные методы и технологии, электронные коллекции» – RCDL'2008, Дубна, Россия, 2008.

работка таких запросов во многих случаях приводит и к ответам, которые тоже не «приходили в голову». А такие ответы представляют собой, не что иное, как данные, неизвестные ранее, то есть новые. В конечном счете, такие ответы – новое знание об объекте исследования [1].

2 Реляционные базы ядерных данных ЦДФЭ

2.1 Ядерные данные в международной сети Центров ядерных данных МАГАТЭ

Атомные ядра представляют собой сложные физические системы, которые описываются очень большим количеством параметров, получаемых из различных экспериментов, а ядерные реакции и радиоактивные распады являются сложными процессами, в которых ядра превращаются друг в друга. В этой связи, БД по свойствам ядер и характеристикам реакций имеют значительный объем и весьма сложное строение. В силу ряда особых исторических причин (одна из основных – разработка ядерных реакторов сначала для военных, а затем мирных целей) создание сначала коллекций ядерных данных началось под эгидой Международного агентства по атомной энергии (МАГАТЭ) очень давно, носило планомерный, долговременный и глобальный характер и проводилось. К 90-м годам, когда во всем мире начался информационный бум, ядерная физика оказалась едва ли не самой передовой и подготовленной в этом отношении областью знаний. В настоящее время свыше 20 центров и групп из разных стран – Австрии, Китая, Кореи, России, Словакии, США, Украины, Франции, Швеции, Японии и др. объединены в различные Сети Центров ядерных данных МАГАТЭ [2]. Россию в этом сотрудничестве представляют 4 организации – Центр ядерных данных (ФЭИ, Обнинск), Центр атомных и ядерных данных (ИАЭ, Москва), Центр ядерно-физических данных (ВНИИЭФ, Саров), Центр данных фотоядерных экспериментов (НИИЯФ МГУ, Москва). Каждый из Центров отвечает в этом сотрудничестве за определенный тип данных (например, ЦДФЭ – за фотоядерные данные, то есть за данные по ядерным реакциям под действием γ -квантов) и обеспечение ими определенного географического региона. При этом каждый Центр имеет доступ ко всем накапливаемым массивам самых различных ядерных данных и возможность использовать их наиболее оптимальными для себя и своих пользователей способами, призванными обеспечивать эффективное информационное обеспечение как фундаментальных, так и прикладных ядерно-физических и смежных с ними исследований.

2.2 Основные БД ЦДФЭ

Одна из главных задач информационного обеспечения научных исследований - создание условий

для эффективного использования исследователями данных и знаний, накопленных ранее, с целью получения новых данных и знаний. В течение нескольких последних лет ЦДФЭ идет в этом направлении по пути создания системы полных баз ядерных данных – тех самых «складов готовой продукции» при наличии развитых систем поиска информации превращающихся в новое эффективное средство научных исследований. При использовании в качестве источников информации огромных фондов числовых данных, создаваемых и поддерживаемых международной Сетью, а также собственных больших и полных фондов данных, в ЦДФЭ НИИЯФ МГУ созданы, поддерживаются и предоставляются пользователям на Web-сайте ЦДФЭ 10 реляционных БД, содержащих огромное количество данных по ядрам и реакциям.



Рис. 1. Главная страница Web-сайта ЦДФЭ НИИЯФ МГУ

Основные БД, созданные с 1999 года, были достаточно полно представлены на соответствующих конференциях [3–9]:

- «База данных по ядерным реакциям» (<http://cdfe.sinp.msu.ru/exfor/index.php>) – выходы, сечения, дифференциальные сечения, функции возбуждения полных и парциальных реакций, энергетические, угловые, зарядовые, массовые и другие распределения, я частиц продуктов и др.; имеет целый ряд преимуществ по сравнению с некоторыми аналогами, в частности, обеспечивает поиск в режиме «обратная геометрия»; БД включает в себя материалы из

боле 250000 статей, содержит свыше 2 миллионов наборов данных, общий объем исходного массива превышает 500 Мб;

- «База ядерно-спектроскопических данных» (<http://cdfе.sinp.msu.ru/services/ensdfr.html>); – огромное количество характеристик уровней и переходов между ними во всех известных в настоящее время (~3200) ядрах; включает ряд данных, отсутствующих в некоторых аналогичных системах, и не имеет аналогов по мощности и гибкости поисковой системы; объем исходного массива данных составляет около 500 Мб;
- «Параметры основных состояний ядер» (<http://cdfе.sinp.msu.ru/services/gsp.en.html>); не имеет аналогов по полноте и разнообразию представленных данных о ядре в целом (распространенности стабильных изотопов или периоды полураспада радиоактивных, массы, дефекты массы, энергии связи и др.);
- «Параметры гигантского дипольного резонанса, сечения фотоядерных реакций» (<http://cdfе.sinp.msu.ru/services/gdrsearch.html>); уникальная БД – разработка ЦДФЭ, содержит все основные характеристики (энергетическое положение, амплитуда, ширина, интегральные сечения) гигантских дипольных резонансов, наблюдаемых в сечениях фотоядерных реакций;
- «Карта данных о форме и размерах атомных ядер» (<http://cdfе.sinp.msu.ru/services/radchart/radmain.html>); – уникальная БД – разработка ЦДФЭ; содержащая большое количество данных из авторитетных международных источников об основных параметрах, описывающих форму ядра (квадрупольный момент и параметр квадрупольной деформации), а также о среднеквадратичных зарядовых радиусах большого количества ядер;
- «Калькулятор порогов и энергий ядерных реакций и Графическая система построения данных об энергиях отделения нуклонов» (http://cdfе.sinp.msu.ru/muh/calc_thr.shtml); БД – разработка ЦДФЭ, позволяющая удобно и быстро определять энергии и пороги любых ядерных реакций, а также наглядно представлять изменения энергий отделения одного и двух нуклонов (нейтронов и протонов) с изменением массового числа ядра; имеет многие преимущества по сравнению с многочисленными аналогами;
- «Публикации по ядерной физике» (http://cdfе.sinp.msu.ru/services/nsr/Search_form.shtml); является уникальной реляционной БД такого содержания – рефераты в ключевых словах огромного количества публикаций, посвященных как экспериментальным, так и теоретическим исследованиям по ядерной физике; БД включает в себя свыше 500000, с огромной скоростью (около 10000 в год) пополняется и охватывает работы по тематике, начиная с пионер-

ских работ Э.Резерфорда, опубликованных в 1910–1912 годах;

- «Индекс фотоядерных данных с 1955 г.» (<http://cdfе.sinp.msu.ru/services/pnisearch.html>); уникальная БД – разработка ЦДФЭ, содержащая большое количество рефератов экспериментальных работ по электромагнитным взаимодействиям, во многом дополняющих содержание БД по публикациям.

Доступ удаленных пользователей ко всем БД осуществляется через специально разработанные Web-интерфейсы. При создании БД и их поисковых систем был использован единый подход (операционная система LINUX, система управления базами данных MySQL, Web-сервер “Apache”, технологии обработки запросов CGI, языки программирования C++, Perl и php). Это дало возможность на основе нескольких изначально независимых БД впервые построить интегрированную «Универсальную электронную систему информации по атомным ядрам и ядерным реакциям» (<http://cdfе.sinp.msu.ru/services/unifsys/index.html>) [6, 7] с объединенным интерфейсом, позволяющим существенно повысить эффективность использования, как фондов данных, так и поисковых возможностей интегрированных БД.

3 Возможности баз ядерных данных ЦДФЭ для ядерно-физических исследований

Безусловно, что упомянутые выше аналитические и предсказательные возможности созданных в ЦДФЭ и аналогичных БД связаны, в первую очередь, с результатами поисков по огромному количеству разнообразных признаков информации и их сочетаниям. Самые разнообразные поиски такого типа, очевидно, несколько различные для разных БД, достаточно проиллюстрировать одним, ориентированным на ядерно-спектроскопические данные. Так, например, может быть сформулирован запрос, обработка которого невозможна ни в одной другой из известных систем аналогичного назначения: найти такие атомные ядра, в определенной области энергий возбуждения которых имеются уровни с определенными характеристиками (спин, четность, время жизни, изоспин и др.), которые распадаются с испусканием γ -квантов, также имеющих точно определенные характеристики (энергия, мультипольность, коэффициенты ветвления и смешивания и др.), приводящих к образованию конечного ядра в состояниях также с точно определенными характеристиками. К этому запросу могут быть добавлены и другие требования, относящиеся, например, к типам реакций и/или распадов, в которых описанные выше процессы происходят и т.д. и т.п. Очевидно, что может быть получен результат (список определенных ядер с необходимыми свойствами), который никакими иными способами не может быть получен.

Однако и вполне тривиальные для развитых научных БД запросы, сформулированные в соответст-

вии с некоторыми впервые пришедшими в голову исследователя физическими вопросами, позволяют решать задачи физики атомного ядра и ядерных реакций, многие из которых без них не могли быть не только решены, но и сформулированы.

3.1 Поиск данных по ядерным реакциям по конечному ядру

Некоторые примеры возможностей первого типа были представлены, например, в докладе [10]. В контексте настоящего доклада может быть упомянут один из них – совершенно тривиальный с точки зрения возможностей БД по ядерным реакциям запрос на данные о сечениях различных ядерных реакций, объединенных одним и тем же конкретным конечным ядром. Обработка такого запроса иными средствами может оказаться по продолжительности «несовместимой с человеческой жизнью» поскольку ни в одном библиотечном каталоге, рубрикаторе, индексе нет сортировки информации по конечному ядру реакции (везде имеются сортировки по ядру-мишени и налетающей частице, кое-где – по небольшому числу вылетающих частиц). Приведенный пример относился к достаточно жесткому излучению изотопа ^{60}Co ($T_{1/2} = 1925.1$ дня), которое может оказывать отрицательное воздействие, например, на прецизионную электронику на борту космического аппарата. При полете космического аппарата все элементы его конструкции облучаются самыми различными частицами и ионами. При этом в самых различных материалах этих элементов про-

исходят самые разные реакции и образуются разнообразные ядра-продукты. Упомянутый тривиальный запрос к БД показывает, какие материалы и каких именно элементов конструкции должны быть заменены для того, чтобы исключить (существенно снизить) воздействие излучения изотопа ^{60}Co . Из результатов поиска отчетливо видно, что если поиск данных по относительно простым реакциям типа $^{59}\text{Co}(n,\gamma)$, $^{60}\text{Ni}(n,p)$, $^{59}\text{Co}(d,p)$, $^{63}\text{Cu}(n,\alpha)$ или $^{60}\text{Ni}(t,\text{He-3})$ без БД хотя и с большими трудностями, но может быть проведен, поиск по остальным сложным многочастичным реакциям (например, $^{59}\text{Co}(t,np)$, $^{59}\text{Co}(\alpha,n2p)$, $^{65}\text{Cu}(p,3n3p)$) практически безнадежен («в голову исследователя идея о нем не приходит»).

3.2 Решение проблем систематических расхождений результатов исследований фотоядерных реакций различными методами

Специалистам по фотоядерным реакциям давно и хорошо известен факт существенных расхождений, как по форме, так и по величине энергетических зависимостей сечений реакций, полученных в экспериментах двух типов – на пучках тормозного γ -излучения и квазиодноэнергетических аннигиляционных фотонов. Суть расхождений заключается в том, что, несмотря на близкие условия, сечения в экспериментах первого типа имеют, как правило, практически всегда, существенно более отчетливо выраженную промежуточную структуру и заметно большие амплитуды.

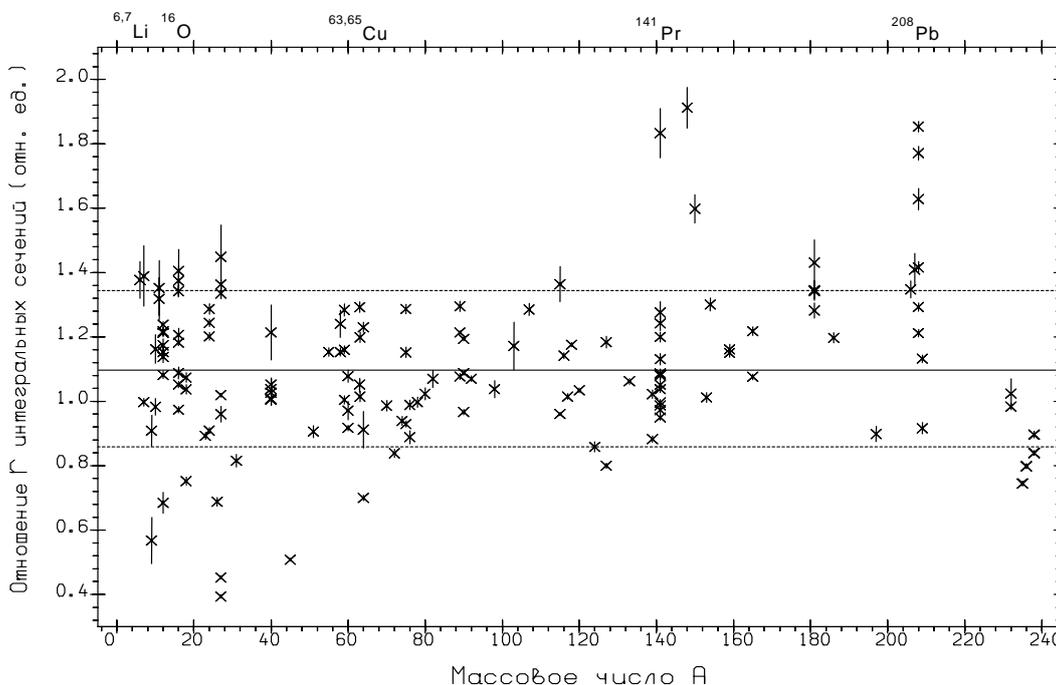


Рис. 2. Систематика данных, полученных в различных лабораториях, к данным одной из них – хорошо видны систематические расхождения величиной 12 %

Ранние попытки выяснить причины таких расхождений и разработать методы для их устранения, предпринимаемые исследователями, выполнявшими

эксперименты разного типа, приводили к диаметрально противоположным рекомендациям. Использование результатов поиска данных в БД по ядер-

ным реакциям в соответствии с простым запросом относительно интегральных сечений полной фотонейтронной реакции $(\gamma, xn) = (\gamma, n) + 2(\gamma, 2n)$ позволило выявить основные причины отмеченных расхождений. Из рис. 2 хорошо видно, что сечения реакции, полученные в одной из лабораторий, систематически отличаются по абсолютной величине от сечений других лабораторий, а способ устранения этих расхождений относительно прост – перенормировка данных с использованием коэффициента

1.12. Аналогичная выборка данных об интегральных сечениях парциальных реакций с образованием одного и двух нейтронов (γ, n) и $(\gamma, 2n)$ выявило (рис. 3) наличие существенно более серьезных расхождений, причина которых выявляется однозначно – неточности процедуры разделения процессов с образованием одного и двух нейтронов – но для устранения которых необходим серьезный пересчет результатов обеих лабораторий.

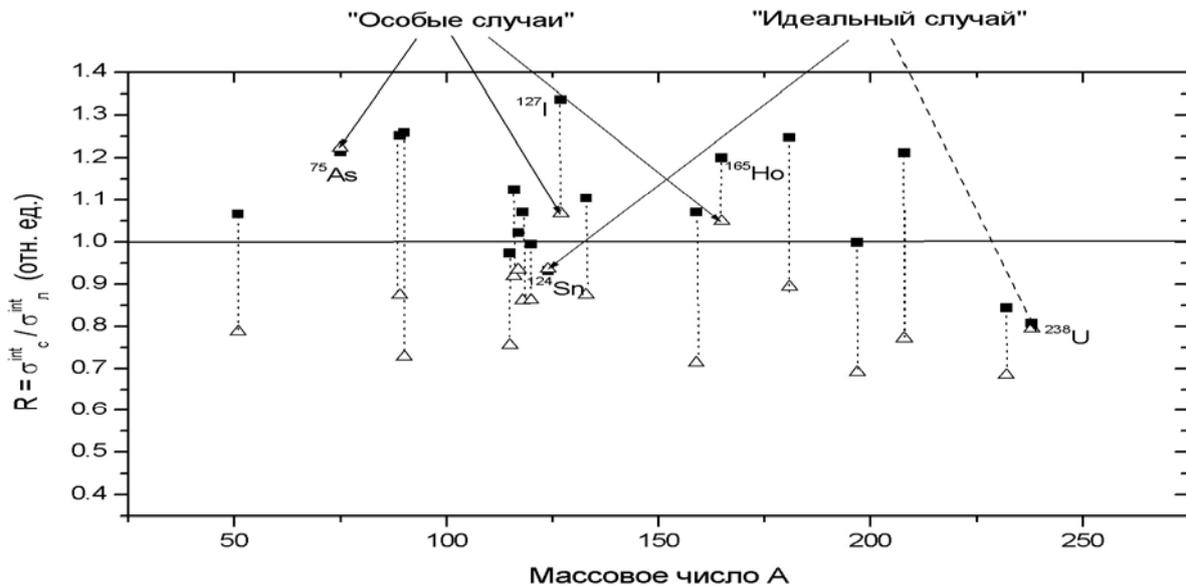


Рис. 3. Систематика данных о сечениях реакций с образованием одного и двух нейтронов, полученных в двух разных лабораториях. В то время, как сечения реакций с одним нейтроном имеют большие амплитуды в одной из них (прямоугольники имеют среднее значение ~ 1.2), сечения реакций с двумя нейтронами (треугольники имеют среднее значение ~ 0.8) – в другой

С учетом этого обстоятельства были предложены методы приведения результатов различных экспериментов к единой интерпретации и, тем самым, получения новых точных и надежных согласованных между собой данных. Системный анализ данных по сечениям фотонейтронных реакций с вылетом различного числа нейтронов также позволил выявить причины наблюдаемых значительных расхождений по абсолютной величине сечений парциальных реакций, полученных в различных экспериментах, и разработать метод их учета, по существу – снять проблему известных расхождений [11, 12].

3.3 Новая особенность атомных ядер – динамическая деформация в основном состоянии

С помощью новой реляционной БД – электронной Карты ядерных деформаций – были выявлены неизвестные ранее систематические расхождения данных о параметрах квадрупольной деформации ядер, полученных традиционными, но разными способами – из приведенной вероятности переходов из основного состояния ядра в первое состояние с $J^\pi = 2^+$ и из квадрупольных моментов ядер.

Четкое разделение [13, 14] всех известных ядер на две группы, в одной из которых полученные разными

способами значения близки, а во второй – значительно различаются (в пользу первого), может свидетельствовать о проявлении в ядрах второй группы такого не изученного пока явления, как нулевые колебания поверхности ядра в основном состоянии.

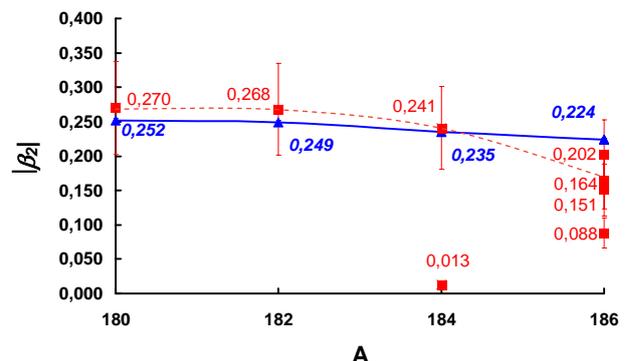


Рис. 4. Практическое совпадение данных о параметре квадрупольной деформации, полученных из данных о квадрупольных моментах ядер для ядер W (группа – Ti, Cr, Zr, Nd, Sm, Gd, Dy, Er, W, Os, Ra).

Такие нулевые колебания свидетельствуют о том, что наряду с традиционной и достаточно хорошо

исследованной «статической» деформацией часть ядер обладает деформацией «динамической», которая к настоящему времени практически не изучена.

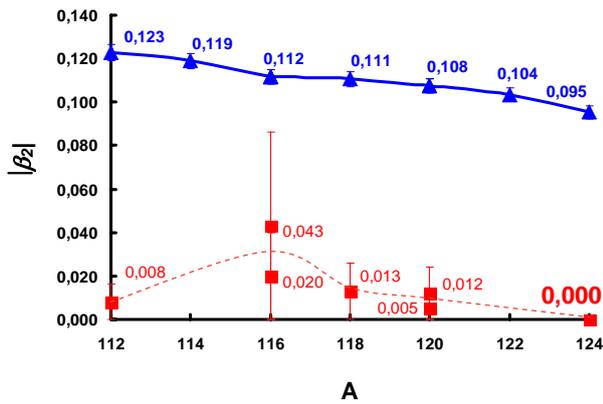


Рис. 5. Систематические расхождения данных для ядер Sn (группа – C, Si, Ar, Ca, Fe, Ni, Zn, Ge, Se, Kr, Sr, Mo, Ru, Pd, Cd, Sn, Te, Ba, Yb, Hf, Pt, Pb)

3.4 Энергии первых состояний ядер с $J^\pi = 2^+$ и новые магические ядра

Хорошо известно наличие так называемых магических ядер, имеющих магические числа нуклонов (или протонов, или нейтронов, или тех и других –

дважды магические ядра) – 2, 8, 20, 28, 50, 82, 126. Такие ядра имеют ряд специфических свойств, отличающих их от соседних изотопов и изотонов – большая сферичность (меньшая деформация), большая устойчивость, особые значения энергий отдаления нуклонов и первых (самых нижних) уровней со спином и четностью $J^\pi = 2^+$ и др. На полной систематике данных из ядерно-спектроскопической БД по энергиям первых уровней с $J^\pi = 2^+$ таким ядрам отвечают прямые линии – «горные хребты» – при соответствующих значениях Z и N.

Согласно традиционной классической оболочечной модели заполнение некоторых протонных или нейтронных оболочек приводит к формированию магических чисел нуклонов и выделению ядер, которые обладают таким числом нуклонов, по целому ряду свойств на фоне соседей. При магическом числе протонов магические свойства сохраняются для всех изотопов, при магическом числе нейтронов – для всех изотонов (такие ядра и располагаются вдоль отчетливых прямых линий систематики).

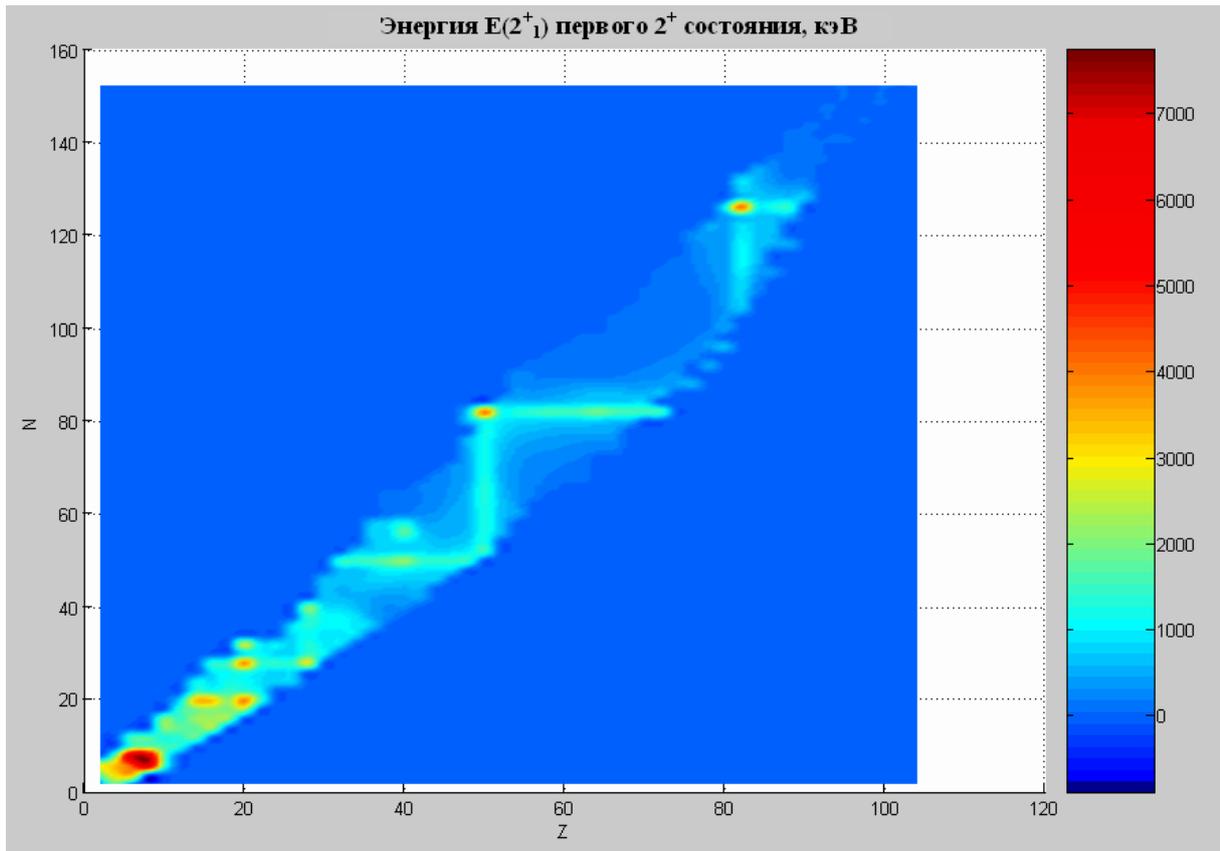


Рис. 6. Простая выборка из базы данных по структуре атомных ядер значений энергий первых уровней с $J^\pi = 2^+$. Хорошо видно, что кроме прямых линий, отвечающих классическим магическим ядрам, имеются отчетливо выраженные островки ($Z = 40, N = 56$), ($Z = 20, N = 32$), ($Z = 14-16, N = 14-16$) и др. – новые дважды магические ядра

Вместе с тем приведенная систематика с очевидностью показывает, что наряду с «линиями магичности» существуют некоторые замкнутые области – «острова магичности» – вблизи некоторых пар чисел протонов и нейтронов, из которых либо одно либо оба не предусматриваются классической моделью оболочек в качестве магических чисел. Наиболее отчетливо «острова магичности» наблюдаются для комбинаций ($Z = 40, N = 56$), ($Z = 20, N = 32$), ($Z = 14 - 16, N = 14 - 16$).

Таким образом, простейшая выборка из БД определенной характеристики ядер (энергия некоторого специфического уровня) довольно ясно свидетельствует о наличии нового класса новых магических ядер. Они не являются по определению магическими (традиционная магичность связана именно с заполнением определенных подоболочек), но имеют многие свойства (прежде всего, главное – большую энергию первого уровня с $J^\pi = 2^+$), типичные для дважды магических ядер.

3.5 Предсказательные возможности простого графического представления энергий отделения нуклонов от атомных ядер

Некоторые другие свойства новых магических ядер, типичные для классических магических ядер, могут быть легко исследованы также с помощью достаточно тривиальных запросов к другим БД.

Так, например, даже относительно простая «Графическая система построения данных об энергиях отделения нуклонов», дополняющая «Калькулятор порогов и энергий ядерных реакций» (обе системы – по существу, также реляционные БД – основаны на хорошо известной специалистам коллекции массовых характеристик ядер [15]), позволила внести огромный вклад в эти исследования. Она очень эффективно позволила наблюдать у новых магических ядер особенности массовых и зарядовых зависимостей энергий отделения нуклонов, которые характерны для классических магических ядер.

По существу, данные, приведенные на рис. 7, наглядно иллюстрируют то, каким образом научная БД может не только отвечать на некоторые специальным образом сформулированные вопросы к ней, но и сама задавать исследователям вопросы, становящиеся стимулом для проведения новых исследований. В данном случае выявления специфических для магических ядер особенностей (изломов в зависимостях от массового числа A энергий отделения нейтронов для случая нескольких четно-четных изотопов ядра Zr) этот вопрос формулируется следующим образом: Если наблюдаемые на рис. 7 изломы для $A = 90$ соответствуют хорошо известному магическому по числу нейтронов ($N = 50$) ядру ^{90}Zr , то, что собой представляет ядро ^{96}Zr , имеющее числа протонов (40) и нейтронов (56), которые классической оболочечной моделью не рассматриваются как магические, потому что не соответствуют необходимым оболочкам.

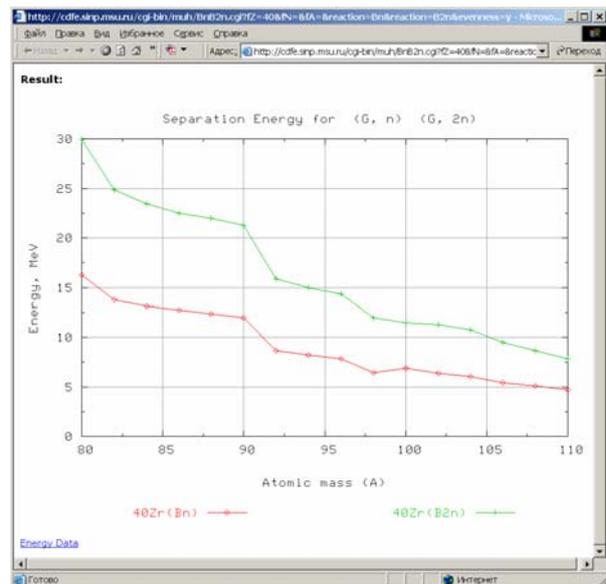


Рис. 7. Энергии отделения одного и двух нейтронов от изотопов циркония

Еще одна простая выборка из ядерно-спектроскопической БД информации об энергиях и числах нуклонов на подоболочках новых магических ядер устанавливает общие закономерности в структуре верхних (вблизи границы Ферми) оболочек таких ядер, свидетельствующие в пользу наличия некоторого дополнительного взаимодействия между заполненными протонными и нейтронными оболочками, возможно связанного с эффектами протон-нейтронного спаривания.

Совместное использование нескольких БД дает возможность провести системное изучение соотношения в ядрах, соседних с исследуемыми, таких специфических параметров «магичности», как значения энергии некоторых уровней, параметры формы ядра и энергии отделения одного и двух нуклонов, особенности взаимного расположения верхних протонных и нейтронных подоболочек ядер. Оказывается, что практически идентичное поведение всех перечисленных параметров «магичности», а также и некоторых других позволяет выявить достаточно большое количество новых неизвестных ранее магических ядер – $^{92,94,96,98}\text{Zr}$, $^{90,92,94,96}\text{Sr}$, $^{26,28,30}\text{Si}$, ^{30}Si , $^{14,16,24,28,40,48}\text{O}$, ^{14}C и других [16].

Таким образом, поиск ответа на вопрос, заданный одной БД, о том, что, собственно, представляет собой ядро ^{96}Zr , привел к обнаружению значительного количества новых дважды магических ядер, имеющих свойства, близкие к свойствам классических магических ядер и структуру верхних оболочек, такую же, как у ядра ^{96}Zr . Результаты тривиальных поисков в других БД открыли возможности объяснения факта их существования с использованием нового типа притягивающего взаимодействия между протонами и нейтронами типа спаривания [17].

4 Заключение

Перечень конкретных случаев получения новых данных, новой информации, нового знания с помощью относительно просто сформулированных запросов к достаточно полным научным БД может быть продолжен. Безусловно, что для того, чтобы получить решение уже совсем нетривиальной научной проблемы, в некоторых случаях результат тривиального поиска в БД, должен быть дополнен некоторым (иногда также простейшим, а иногда и очень нетривиальным анализом) или далеко не простой взаимной обработкой результатов разных экспериментов.

К научным проблемам, которые были таким способом не только сформулированы, но и решены, могут быть добавлены, например, и следующие:

- предсказания (без проведения сложнейших длительных и дорогих экспериментов на пучках поляризованных частиц) значений спинов и четностей большого числа уровней ядер на основании простейшего анализа (по существу – простого сопоставления систематик) данных о возбужденных состояниях определенного типа в различных ядрах;
- подтверждение на основе экспериментальных данных сделанного теоретически в НИИЯФ МГУ открытия (1987 г., № 342, авторы – Б.С. Ишханов, И.М. Капитонов, В.Г. Неудачин, В.Г. Шевченко, Н.П. Юдин) явления так называемого конфигурационного расщепления гигантского дипольного резонанса; оно было достигнуто на основе простейшей выборки из БД по ядерным реакциям данных по сечениям различных фотоядерных реакций для двух изотопов ${}^6,7\text{Li}$; они были по некоторому специальному признаку разделены на две группы, что и дало возможность получить параметры двух компонент расщепления;
- решение принципиальной проблемы существенных систематических расхождений по форме сечений фотоядерных реакций, полученных в экспериментах на различных фотонных пучках; оно было основано на совместном анализе систематик некоторых параметров этих сечений, полученных в результате простых запросов к БД по ядерным реакциям; разработанные с помощью результатов таких запросов методы взаимной корректировки результатов разных экспериментов, учитывали особенности условий определения реально достигаемого энергетического разрешения эксперимента и позволили решить проблему;
- объяснение непонятной ранее аномалии в значениях спинов основных состояний некоторых ядер, например, изотопов ядра калия – ${}^{39,40,41,43,45,47}\text{K}$; оно было основано на установленном факте, что некоторые ядерные орбиты реально оказываются расположены друг относительно друга не совсем так, как это предсказывается классической моделью оболочек; объ-

яснение было достигнуто в результате применения весьма нетривиального нового метода совместного анализа результатов двух систематик – простейших выборок из БД результатов исследования на одного и того же ядра в ядерных реакциях нуклонного срыва и подхвата;

- и многие другие.

Таким образом, все сказанное выше свидетельствует о том, что развитые научные БД действительно довольно простыми способами не только повышают эффективность исследований в областях, ставших источниками информации для этих самых БД, но и открывают совершенно новые возможности самих исследований. При этом, зачастую они позволяют решать довольно сложные, иногда принципиально новые задачи физики атомного ядра и ядерных реакций, многие из которых без них не могли быть не только решены, но и вообще сформулированы. Именно такие качества и позволяют говорить о таких БД как о новых инструментах (средствах) не только информационного обеспечения, информационной поддержки исследований, но и собственно самих исследований.

Литература

- [1] В.В. Варламов, И.Н. Бобошин. Базы данных как метод исследования // Природа. – 2005, №12. – С. 29–38.
- [2] Ed. by V.G. Pronyaev, The Nuclear Data Centres Network. IAEA Nuclear Data Section, INDC(NDS)-401, IAEA, Vienna, Austria, 1999.
- [3] Сборник докладов Второй Всероссийской научной конференции «Электронные библиотеки: перспективные методы и технологии, электронные коллекции». И.Н. Бобошин, А.В. Варламов, В.В. Варламов и др., 2000, с. 39.
- [4] Труды Всероссийской научной конференции «Научный сервис в сети Интернет». И.Н. Бобошин, В.В. Варламов, Е.М. Иванов и др., 2001, с. 19.
- [5] Бобошин, И.Н. Электронная коллекция научных данных по физике атомных ядер и ядерных реакций ЦДФЭ НИИЯФ МГУ / И.Н. Бобошин [и др.] // Электронные библиотеки: перспективные методы и технологии, электронные коллекции : Труды Четвертой Всероссийской научной конференции RCDL'2002 (Дубна, 15–17 окт. 2002 г.) : в 2 т. – Дубна, 2002. – Т. 1. – 335 с. – С. 290–298.
- [6] Труды Всероссийской научной конференции «Научный сервис в сети Интернет». И.Н. Бобошин, Д.Д. Бранец, В.В. Варламов и др., 2004, с. 22.
- [7] Труды Седьмой Всероссийской научной конференции «Электронные библиотеки: перспективные методы и технологии, электронные коллекции». И.Н. Бобошин, В.В. Варламов, С.Ю. Комаров и др., 2005, с. 56.
- [8] Труды Всероссийской научной конференции «Научный сервис в сети Интернет: технологии

- параллельного программирования». И.Н. Бобошин, В.В. Варламов, С.Ю. Комаров и др., 2006, с. 198.
- [9] Труды Всероссийской научной конференции «Научный сервис в сети Интернет: многоядерный компьютерный мир. 15 лет РФФИ». И.Н. Бобошин, В.В. Варламов, С.Ю. Комаров и др., 2007, с. 318.
- [10] Математическая морфология. Электронный математический и медико-биологический журнал – Смоленск: СГМА, 2000, т. 3, вып. 3. И.Н. Бобошин, А.В. Варламов, В.В. Варламов, Е.М. Иванов, М.Е. Степанов, В.В. Чесноков. Ядерно-физические исследования и электронные информационные ресурсы в Интернет. URL: <http://www.smolensk.ru/user/sgma/MMORPH/N-6-html/VARLAMOV/varlamov.htm>.
- [11] В.В. Варламов, Б.С. Ишханов. *ЭЧАЯ*, том 35, вып. 4, 2004, с. 858.
- [12] В.В. Варламов, Н.Н. Песков, Д.С. Руденко и др. Вопросы атомной науки и техники. Серия: Ядерные константы, № 1–2 (2003) 48.
- [13] Proceedings of the International Conference on Nuclear Data for Science and Technology, April 22–27, 2007, Nice, France. I. Boboshin, V. Ishkhanov, S. Komarov, V. Orlin, N. Peskov and V. Varlamov. DOI: 10.1051/ndata:07103, p. 65.
- [14] И.Н. Бобошин, В.В. Варламов, С.Ю. Комаров и др. Известия РАН, серия физическая, 71 (2007) 334.
- [15] G. Audi, A.H. Wapstra, C. Thibault. *Nucl. Phys.*, A729 (2003) 337.
- [16] И.Н. Бобошин, В.В. Варламов, Б.С. Ишханов и др. Известия РАН, серия физическая, 72 (2008) 308.
- [17] I.N. Boboshin New Magic Nuclei and Neutron-Proton Pairing (in Russian), MSU SINP Preprint – 2007 – 4/825, URL: <http://dbserv.sinp.msu.ru:8080/sinp/files/pp-825.pdf>.

Nuclear Data Electronic Collections as Tools for Basic and Applied Research in the Field of Atomic Nuclei and Nuclear Reactions

I.N. Boboshin, V.V. Varlamov, S.Yu. Komarov,
N.N. Peskov, M.E. Stepanov, V.V. Chesnokov

The system of atomic nuclei and nuclear reactions physics relational databases (DB) produced in the frame of wide international cooperation – the IAEA Nuclear Data Centers Network, participants of which is the Centre for Photonuclear Experiments Data (Centr Dannykh Fotoyadernykh Eksperimentov) of Lomonosov Moscow State University Skobeltsyn Institute of Nuclear Physics is described. Several large (complete) electronic collections of nuclear data in combination with powerful and flexible Search Engines give to one possibility to solve wide range tasks of informational support of basic and applied research. At the same time they allow using previously obtained data to obtain new data that do them new tool of research namely.

The talk includes the short descriptions of the main CDFE's DB and an examples of DB using for new data, new information and new knowledge at last obtaining.

* Работы выполнялись в Лаборатории анализа ядерных данных (Центр данных фотоядерных экспериментов) Отдела электромагнитных процессов и взаимодействий атомных ядер НИИЯФ МГУ и были частично поддержаны несколькими грантами РФФИ (№№ 99-07-90015, 03-07-90431, 04-02-16275, 04-07-99601), а также - грантами Президента РФ для научных школ №№ НШ-1619.2003.2, НШ-5365.2006.2 и НШ-485.2008.2