

ПРИНЦИПЫ ФОРМИРОВАНИЯ КОНТЕНТА УЧЕБНО-НАУЧНОГО ПОРТАЛА ЯДЕРНЫХ ЗНАНИЙ BelNET

С. Н. Сытова¹, М. Д. Дежурко², И. Я. Дубовская², И. М. Кимленко²,
А. Н. Коваленко¹, А. С. Лобко¹, А. Л. Мазаник¹, Н. И. Поляк²,
Т. А. Савицкая², Т. П. Сидорович³, А. И. Тимошенко², С. В. Черепица¹

¹Институт ядерных проблем БГУ,

²Белорусский государственный университет,

³Брестский государственный технический университет

Введение

Создание специализированного учебно-научного портала ядерных знаний BelNET <https://bsu.inpnet.net/belnet/>, название которого расшифровывается как **Belarusian Nuclear Education and Training** (см. Рис.1), является важной задачей на этапе строительства Белорусской АЭС. Это связано с рекомендациями Международного агентства по атомной энергии (МАГАТЭ). Каждая страна, формирующая атомную отрасль, должна иметь свой собственный национальный портал ядерных знаний, который интегрирован в мировую систему управления ядерными знаниями. Созданный специализированный учебно-научный портал ядерных знаний BelNET мы рассматриваем как первый этап в создании национального портала.

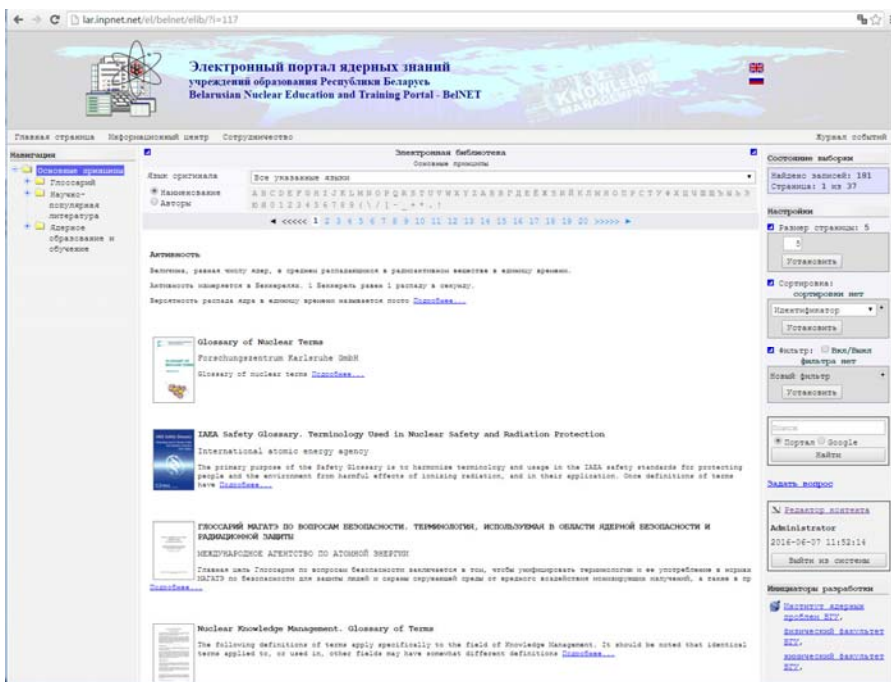


Рис. 1. Портал BelNET. Раздел «Основные принципы»

Принципы организации доступа пользователей портала BelNET:

- многопользовательский режим;
- ввод данных через заполнение веб-форм в on-line режиме;
- разделение прав доступа разных категорий пользователей к данным и пользовательскому интерфейсу;
- работа через Web-интерфейс посредством широко распространённых браузеров: Mozilla Firefox, Google Chrome, Opera и др.

Контент портала

Одним из первых шагов при создании портала была формулировка его целей, задач и миссии. Итак, миссия портала BelNET – формирование благоприятной информационной, социально-культурной и образовательной среды для устойчивого развития атомной энергетики страны. Основные цели и задачи портала ядерных знаний – целенаправленно управлять информационными ресурсами, знаниями и компетенциями ядерной отрасли страны, сохранять, поддерживать и развивать эти знания на уровне, который обеспечивает безопасное, устойчивое и эффективное развитие ядерной энергетики и промышленности страны. Актуальным является также научно-популярная пропаганда ядерных знаний с целью привлечения в эту область самых способных молодых людей и повышения имиджа ядерной отрасли. Дальнейший шаг – разработка таксономии (иерархической структуры портала) и разработка собственных материалов.

Контент любого портала – это информация, размещённая на его страницах. Процесс наполнения портала информацией и заполнения базы знаний, разработка специальных материалов для системы дистанционного обучения – процесс трудоёмкий и длительный. Очевидно, что формирование контента портала является творческим процессом, который требует нетривиального подхода на каждом этапе своего осуществления.

В настоящий момент ведется работа над заполнением следующих разделов портала:

- Менеджмент ядерных знаний,
- Ядерная энергетика как фактор стабильного энергетического развития,
- Фундаментальная наука,
- Прикладная наука,
- Глоссарий,
- Аналитический обзор терминов,
- Лабораторные работы для школьников и студентов,
- Радиохимия,
- Водно-химические режимы АЭС,
- Биографии ученых Беларуси.

Общее количество документов портала BelNET в настоящее время превышает 400. Контент в области ядерных знаний включает глоссарий, монографии, учебники, материалы международных научных конференций, аналитический

обзор терминов «Физика ионизирующего излучения» и «Дозиметрические единицы» с учетом регламентирующих и стандартизирующих документов. Включены учебные модули «Менеджмент ядерных знаний» и «Ядерная энергетика как фактор стабильного энергетического развития». Эти модули созданы в виде подкастов. Они включают лекции в формате аудио- и видеофайлов, тестовые задания к ним и лабораторные работы.

Создан цикл лабораторных работ по изучению прохождения ионизирующего излучения через вещество, которые можно выполнить, используя общедоступные интернет-ресурсы. Эти лабораторные работы предназначены школьникам, студентам младших курсов, а также любым интернет-пользователям, интересующимся данной тематикой.

Далее рассмотрим подробнее некоторые разделы контента портала BelNET.

Менеджмент ядерных знаний

По предложению Дэниела Белла современные экономисты и социологи рассматривают нынешнюю стадию развития человечества как постиндустриальное общество с огромным багажом знаний [3]. В наш лексикон прочно вошел такой термин как инновационный университет с присущим ему треугольником знаний: образование, наука, инновации. Появились термины: трансфер знаний, управление знаниями и брокеринг знаний. В концепцию менеджмента – управления знаниями входит положение о необходимости передачи и сохранения знаний [4]. Известный английский физик, химик и философ Майкл Полани предложил удачную метафору: все знания – это айсберг, надводная часть которого – явные знания, представленные в книгах, базах данных и т. д. А подводная часть – неявные знания, которые имеются у специалиста с опытом и нигде не зафиксированы. Именно их нужно передавать и сохранять в первую очередь.

Среди областей, для которых сохранение неявных знаний в настоящее время является наиболее критичным, особое место занимают ядерные знания, так как именно в ядерной отрасли во всем мире наметилась тревожная тенденция старения кадров при отсутствии притока молодых специалистов. И это касается не только представителей ядерных специальностей, но и профессорско-преподавательского состава, ответственного за подготовку кадров.

Республика Беларусь – молодая ядерная страна, где проблемы старения кадров еще нет. Здесь ядерная энергетика и система ядерного образования находятся в стадии развития. Поэтому задачей номер один в нашей стране является создание системы национального ядерного образования, а задачей номер два – привлечение лучших абитуриентов к получению образования в области ядерных наук и технологий. В таких условиях необходима оптимизация учебного процесса и ориентация образования в целом на практическое обучение.

Следует учитывать тот факт, что нынешнее поколение молодых людей – это поколение интернета. Большую часть сведений современный студент получает из интернета. Поэтому возникает задача – повышать грамотность студентов,

прививая им навыки обращения с информацией и умения каталогизировать. Создание и функционирование портала ядерных знаний на базе учреждений образования может использоваться для повышения интернет-культуры молодежи, а также для предоставления доступа для студентов и преподавателей к информационным ресурсам МАГАТЭ.

Белорусский государственный университет является одним из основных исполнителей Государственной программы подготовки кадров для ядерной энергетики Республики Беларусь на 2008–2020 годы. Главной целью программы является организация системы комплексной подготовки кадров, обеспечивающей получение знаний и навыков, необходимых для строительства и безопасной эксплуатации атомной электростанции, обеспечения ядерной и радиационной безопасности, безопасности персонала АЭС, населения и окружающей среды. Осознавая высокую ответственность за обеспечение качественной подготовки специалистов для инфраструктуры будущей АЭС, БГУ на основе мирового опыта успешно разрабатывает новые инновационные образовательные технологии и продукты. Среди них – специализированный портал ядерных знаний, где сосредоточена систематизированная учебная информация, новости, статьи, публикации, отчеты, обзоры конференций, ссылки на информационные интернет-ресурсы и др.

Концепция менеджмента ядерных знаний стала для МАГАТЭ приоритетным направлением в XXI столетии и предполагает создание знания, его идентификацию, передачу, защиту, оценку, хранение и распространение [5–10].

Содержание модуля «Менеджмент ядерных знаний» портала BelNET включает информацию о менеджменте ядерных знаний как интегрированном, систематическом подходе к процессу идентификации, получения, преобразования, развития, распространения, использования, передачи и сохранения знаний, значимых для достижения поставленных целей. Показаны и разъяснены основные функции менеджмента ядерных знаний, к которым следует отнести управление знаниями и формирование инновационной корпоративной культуры, способствующей обучению сотрудников и производству инноваций. Дана интерпретация понятий: данные, информация, знания, компетенции. Показано деление знаний на явные и неявные, и проанализированы способы передачи каждого вида знаний. Рассмотрена модель взаимопревращения скрытых и явных знаний, которая получила название «петля или спираль познания». Охарактеризованы причины возрастания роли ядерных знаний в современных условиях. При этом отмечено, что особенностью ядерных знаний является их большой объем, накопленный цивилизацией в области физики, атомной инженерии, металлургии, химии, информационных технологий, а также то, что для их создания и передачи требуются высококвалифицированные преподаватели, современные методические пособия, государственные инвестиции и специальное оборудование, в частности, необходимы исследовательские реакторы, число которых во всем мире, к сожалению, сокращается, а не растет [11].

Ядерная энергетика как фактор стабильного энергетического развития

Модуль с таким названием включает следующие разделы: аналитический обзор современного состояния энергетики в мире, перспективы развития возобновляемых источников энергии и ядерной энергетики, историю развития ядерной энергетики, краткую информацию о международных проектах INPRO (МАГАТЭ) и GIF-4, разработанных для решения проблем развития ядерной энергетики, основные противоречия современного этапа развития ядерной энергетики, вопросы ядерной культуры. Здесь показано, что проблемы ядерной энергетики носят системный характер, от их решения зависит не только прогресс человечества, но и сохранение цивилизации. Эти проблемы взаимосвязаны, охватывают многие стороны жизни людей и касаются всех стран мира. Обострение тех или иных аспектов носит динамический характер, в зависимости от социополитического окружения, которое возникает как объективный фактор развития. В настоящее время стало очевидным, что для своего решения проблемы ядерной энергетики требуют объединения усилий всего человечества. В этой связи в модуле уделяется внимание анализу развития ядерной энергетики в свете глобальных проблем человечества: угрозы терроризма, необратимого загрязнения окружающей среды и необходимости преодоления разрыва в развитии между странами. При этом подчеркивается та значительная роль, которую играет ядерная наука и техника в жизни человечества, несмотря на то, что многие вопросы, связанные с ядерной энергетикой, до сих пор являются предметом острейших дискуссий.

Фундаментальная и прикладная наука

Разделы «Фундаментальная наука» и «Прикладная наука» содержат материалы нескольких международных конференций, которые проводились в БГУ в 2014–2015 гг. Это – 64 международная конференция "ЯДРО-2014" (Фундаментальные проблемы ядерной физики, атомной энергетики и ядерных технологий), которая проходила в БГУ 1–4 июля 2014 года, 4-я Международная конференция ИСМАРТ-2014 (Инженерия сцинтилляционных материалов и радиационные технологии), 12–16 октября 2014 года, Международное рабочее совещание «Современные ядерно-физические методы исследования в физике конденсированных сред» (ЯМКС-2015), 15–16 сентября 2015 г. В данный раздел также вошли материалы монографий и научных трудов ведущих белорусских ученых.

Глоссарий

Работа над контентом портала BelNET показала имеющуюся несогласованность в определении терминов, встречающихся в литературе и в интернете, противоречивость между ними, в том числе между терминами, принятыми в документах МАГАТЭ [5–9] и использующимися часто в учебной литературе [12–14]. Поэтому стала очевидной необходимость разработки собст-

венного выверенного глоссария по ядерной тематике, снимающего многие вопросы и разночтения.

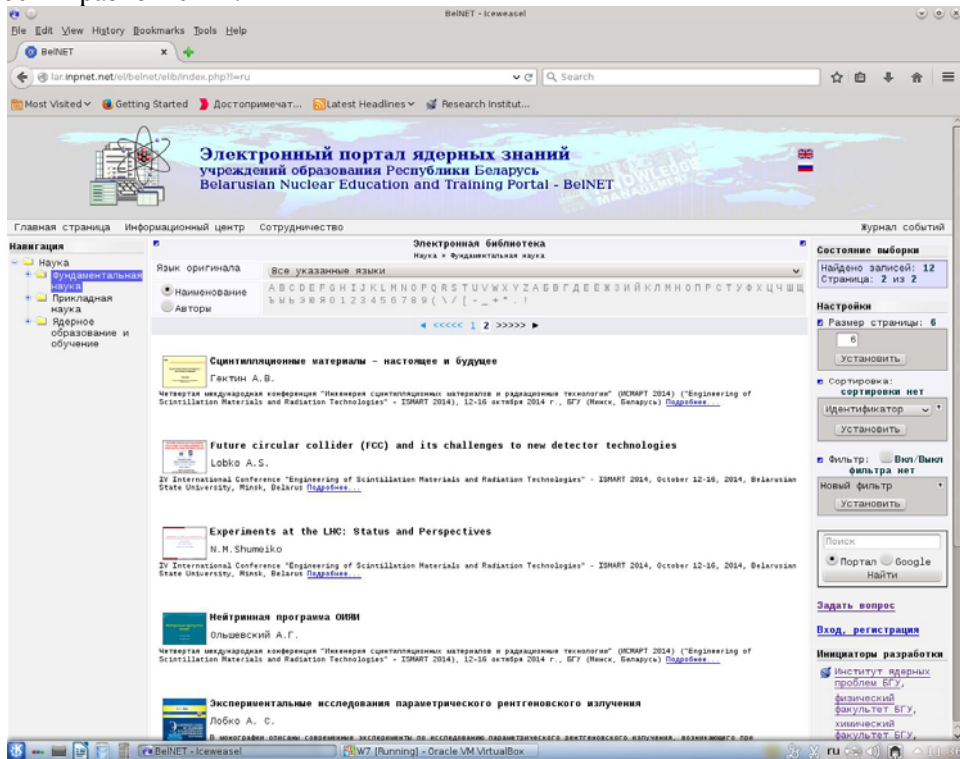


Рис. 2. Портал BelNET. Раздел «Фундаментальная наука»

Первым этапом в создании глоссария был сбор терминов и их определений по разделам ядерной физики и энергетики, физики ионизирующих излучений, ядерной и радиационной безопасности, а также ядерных материалов и радиационного материаловедения. На основе проведённого анализа был составлен перечень относящихся к рассматриваемым темам терминов на русском и английском языках с их определениями, формулируемыми в соответствии с действующими нормативными документами и результатами проведённого анализа. Приведем в качестве примера перечень терминов глоссария для букв Б, В и Г:

Б

Барионное число, Барионы, Бейнит, Бериллий, Бор, Бета-распад, Бета-частица, Бетатрон, Биологическая защита, Бозе-Энштейна статистика, Бозоны, Боросиликатное стекло, Брейра-Вигнера формула.

В

Вайцекера формула, Вакансия, Великое объединение, Вековое уравнение, Вещество, аморфное В., кристаллическое В., поверхностно-активное В., Взаимодействие частиц, Взаимодействие в системе: уран–алюминий, уран–никель, уран–плутоний–азот, уран–фиссиум–коррозионно-стойкая сталь, уран–

цирконий, уран–тугоплавкие металлы, Видманштетт, Виртуальные частицы, Возбужденные состояния ядер, Волновая функция, Волны де Бройля, Водородной энергетический реактор (ВВЭР), Воспроизводство топлива, Включения неметаллические, Вода легкая, Вода тяжелая, Вращательные состояния ядра, Времени пролета метод, Встречные пучки, Вторичное ядерное топливо, Входной канал ядерной реакции, Выход реакции, Выходной канал ядерной реакции, Выгорание топлива, Выход ядерной реакции, Высокообогащенный уран, Вязкость ударная.

Г

Гамма-излучение, Гамма-распад, Гадолиний, Гаусса распределение, Гамма-активационный анализ, Гамма плотнометрия, Гамма-сплавы в атомной энергетике, Генератор нейтронов, Гексафторид урана, Гигантский дипольный резонанс, Гиперзаряд, Гиперядра, Глюоны, Гравитационное взаимодействие, График Ферми-Кюри, Графит, Г. ядерной чистоты, Графитизация, Гранулированное оксидное топливо.

Материалы глоссария подготовлены и частично размещены на портале.

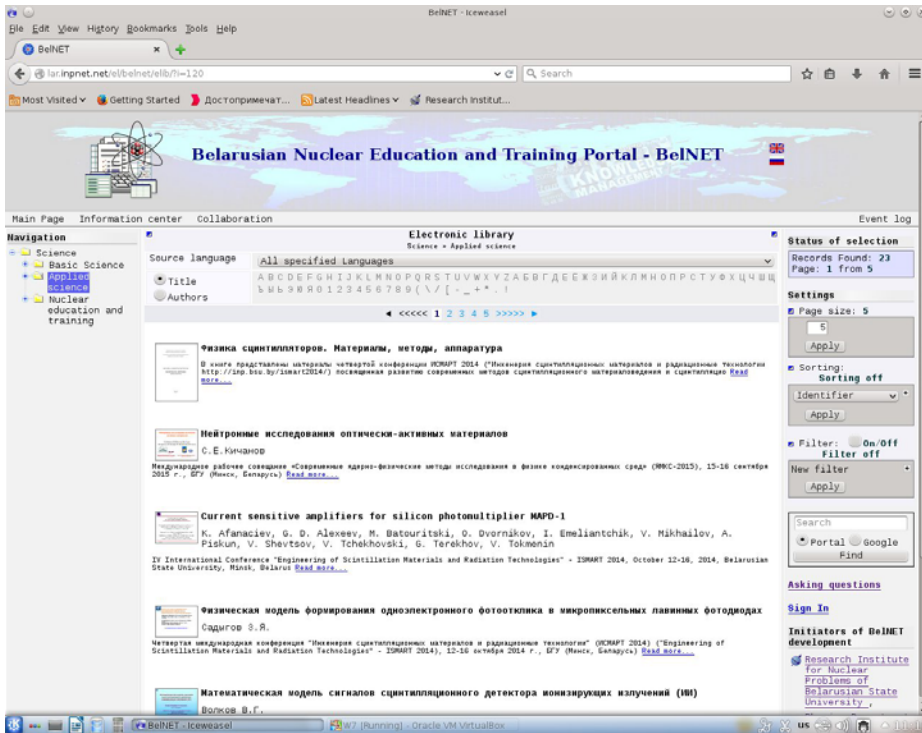


Рис. 3. Портал BelNET. Раздел «Прикладная наука»

Аналитический обзор терминов

Работа над контентом портала по сбору терминов и их определений в области основных и нормируемых дозиметрических величин, а также

ионизирующего излучения привела к необходимости аналитического обзора терминов «Физика ионизирующего излучения» и «Дозиметрические единицы» с учетом регламентирующих и стандартизирующих документов.

В учебно-методическом материале «Дозиметрические величины» представлена классификация дозиметрических величин, приведены их определения, принятые в литературе, в соответствии с публикациями Международной комиссии по радиологическим единицам (МКРЕ) [12] и уточнениями, введенными Международной комиссией по радиологической защите (МКРЗ) [13]. Рассматриваются стохастические и детерминированные дозиметрические величины, оговариваются условия, при которых формулируемые понятия применимы. Обсуждается современная классификация дозиметрических величин, кратко описывается их взаимосвязь между собой.

Далеко не везде в учебной и нормативно-технической литературе ясно формулируется разделение всех дозиметрических величин на микродозиметрические величины, основные дозиметрические величины и эквидозиметрические величины, которые, в свою очередь, подразделяются на фантомные, рабочие и нормируемые дозиметрические величины. Эквидозиметрия – раздел дозиметрии, в котором рассматривается учет стохастических биологических и медицинских эффектов в определении расчетных детерминированных дозиметрических величин применительно к человеку в области уровней облучения, при которых только эти эффекты имеют место. Фантомные и рабочие величины задаются в точке, тогда как нормируемые величины определяются для органа или ткани, либо же на весь организм в целом.

Множество современных дозиметрических понятий, относящихся к области эквидозиметрии, последовательно изложены, пожалуй, только в [14], но эта публикация недоступна широкому читателю. Поэтому краткое изложение системы дозиметрических понятий в принятой сегодня иерархии может быть полезным для пользователей портала.

Например, при введении операционных и фантомных дозиметрических величин используются понятия спрямленного и расширенного полей излучения. В разработанном учебно-методическом материале приводится только формулировка этих понятий и даются краткие разъяснения по области их применения. Ссылки на соответствующую литературу, в которой дается более полное их изложение, должны позволить читателю углубить свои знания по этому вопросу. Связь дозиметрических величин с характеристиками поля излучения рассмотрена в отдельном материале.

Размещение терминов и определений производилось на основе базового ключевого слова. Например, термин «Ионизирующее излучение» определен под заголовком «Излучение ионизирующее». Для облегчения поиска терминов приводятся и другие сочетания слов с отсылкой на основное сочетание, принятое в глоссарии. Например, термин «вторичное ионизирующее излучение» расшифровывается в термине «Излучение ионизирующее вторичное», но ссылка на это определение дана и в разделе терминов под буквой «В»: «Вторичное ионизирующее излучение» см. «Ионизирующее излучение вторичное».

В качестве примера из обзора «Физика ионизирующего излучения» рассмотрим с различных позиций определение поля ионизирующего излучения. Дадим следующее определение этого поля.

Поле ионизирующего излучения (радиационным полем) в некоторой области пространства называется совокупность частиц этого излучения, которая может оказаться в каждой точке данной области пространства в данный момент времени.

Для определенности будем говорить о поле излучения частиц одного вида (фотонов, нейтронов, электронов, протонов, альфа-частиц и т.п.).

В рассматриваемом понятии поля ионизирующего излучения все его частицы считаются точечными и не взаимодействующими между собой. В дальнейшем под точкой пространства понимается сравнительно небольшой объем, называемый элементарным объемом.

При определении характеристик ионизирующего излучения под элементарным объемом понимается сравнительно малый объем пространства, в котором частицы ионизирующего излучения можно рассматривать как некоторый ансамбль. Этот ансамбль может быть чисто квантовым, например, в вакууме это может быть либо ансамбль Ферми–Дирака для частиц с полуцелым спином, либо ансамбль Бозе–Эйнштейна для частиц с целым спином. Если же в элементарном объеме находится вещество, в котором первичное излучение может произвести ионизацию и другие явления, возникающие при его взаимодействии с веществом, и порождает при этом вторичное ионизирующее излучение, то необходимо говорить о результирующем поле ионизирующего излучения, ансамбль частиц которого будет, вообще говоря, смешанным квантово-статистическим ансамблем. Состояние вещества в пределах элементарного объема должно поддаваться описанию с помощью законов статистической механики, которые наряду с квантовой природой частиц и распределением вероятностей событий взаимодействия ионизирующего излучения с веществом будут определять матрицу плотности.

Характеристики поля излучения будут рассматриваться как средние величины по этому ансамблю. Как следствие, эти средние величины не должны изменяться в пределах элементарного объема и поэтому могут быть отнесены к одной точке пространства. Таким образом, при рассмотрении взаимодействия ионизирующего излучения с веществом элементарный объем представляет собой некоторый макроскопический объем вещества, который достаточно мал, чтобы в его пределах можно было бы считать однородными поле ионизирующего излучения и макроскопические характеристики вещества. Именно в этом смысле элементарный объем здесь и будет пониматься в дальнейшем.

Промежутки времени, которые допустимо рассматривать в этой модели, не могут быть меньше среднего времени пролета частицами ионизирующего излучения через элементарный объем (следовательно, характеристики поля излучения слабо изменяются в пределах рассматриваемых промежутков времени). Только при этих ограничениях обсуждаемые ниже характеристики поля излучения имеют смысл.

В русскоязычной литературе встречаются несколько иные формулировки определения поля ионизирующего излучения, которые с той или иной степенью полноты отражают данное выше определение. Так в [15] полем ионизирующего излучения называется «Распределение частиц ионизирующего излучения в рассматриваемой среде». В [16] уточняется, что речь идет о пространственно-временном распределении ионизирующих частиц в среде. А в [17] под полем излучения понимается «область пространства, каждой точке которой поставлены в соответствие физические величины (скалярные и векторные), являющиеся характеристиками поля излучения. Характеристики поля определяют пространственно-временное распределение излучения в рассматриваемой среде». В последнем уже содержится ссылка на понятие характеристик поля излучения и предложено разделить их на скалярные и векторные величины. Следует отметить, что характеристики поля излучения, определяемые в [15, 17–19] как скалярные, на самом деле могут рассматриваться как временные компоненты некоторых четырехмерных векторов в 4-мерном пространстве–времени. Поэтому необходимо с осторожностью пользоваться терминами «скалярные» и «векторные», оговаривая, в рамках какой модели пространства они определяются. В задачах радиационной безопасности, как правило, не встречаются случаи, где относительность одновременности играла бы роль при измерении характеристик ионизирующего излучения. Релятивистскую механику необходимо здесь учитывать только для отдельных его частиц. Поэтому оставим пока в стороне вопрос о том, как характеристики поля ионизирующего излучения могут быть определены в пространстве–времени Минковского.

Цикл лабораторных работ для школьников

Концепция портала BelNET предполагает создание системы дистанционного обучения в области ядерных знаний, поэтому большое внимание было уделено разработке комплекса учебных лабораторных работ, позволяющего познакомить пользователей с особенностями проведения экспериментов и обработки результатов в области ядерной физики.

В школьной программе ядерная физика традиционно представлена лишь небольшим разделом, не предусматривающим выполнение лабораторных работ. Это объясняется тем, что лабораторные работы по ядерной физике требуют применения источников ионизирующих излучений, что для школьников запрещено санитарными нормами. Однако практические навыки, которые можно получить только при выполнении лабораторных работ, позволяют более полно понять особенности прохождения ионизирующего излучения через вещество, а также опасность и принципы защиты, связанные с использованием радиоактивных веществ. В современном мире это очень важно, поскольку масштабы использования ионизирующих излучений и радионуклидных источников в медицине, технике и других областях растут чрезвычайно быстро. Процесс развития атомной энергетики в Республике Беларусь предъявляет соответствующие требования к знаниям основ взаимодействия излучения с веществом и его воздействия на окружающую среду. Опыт и последствия Чернобыльской катастрофы показали, насколько необходим хотя бы минимальный уровень знаний в данной области для широких слоев населения.

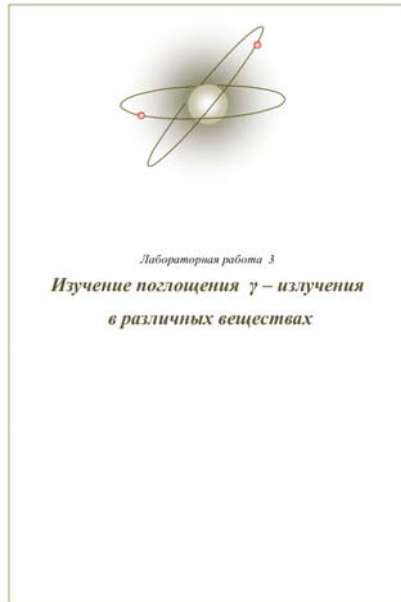


Рис.4. Лабораторная работа №3

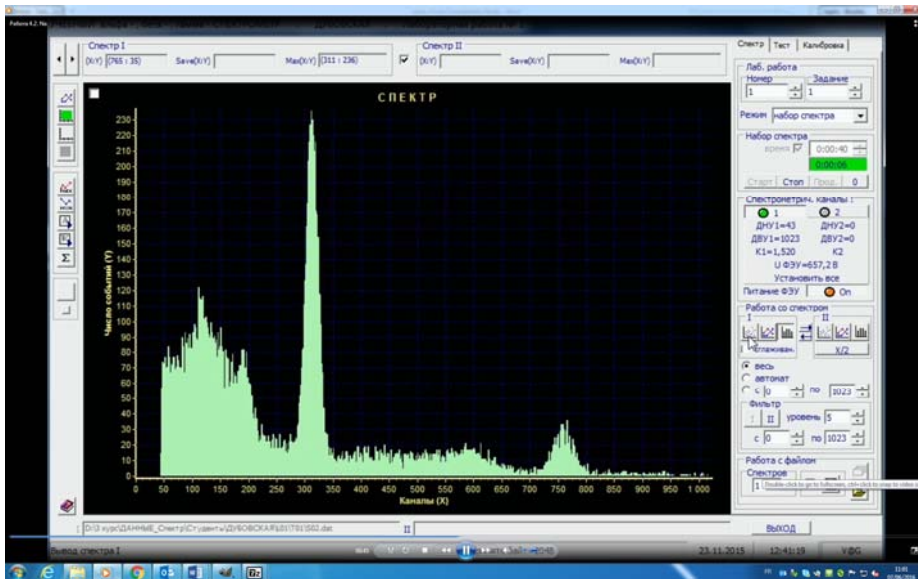


Рис.5. Видео к лабораторной работе №3

В рамках развития контента портала BelNET был разработан цикл лабораторных работ по изучению прохождения ионизирующего излучения через вещество, которые можно выполнить, используя общедоступные интернет-ресурсы. Эти работы могут быть выполнены школьниками, студентами младших

курсов, а также любым интересующимся пользователем интернета. Для выполнения работ пользователю необходимо пройти регистрацию на портале.

Общей частью цикла лабораторных работ является материал «Краткие сведения из ядерной физики и ядерной спектromетрии», где приведены основные закономерности явления радиоактивности. Здесь объясняются работа детектора ионизирующего излучения, принципы формирования и интерпретации экспериментального энергетического спектра излучения. Даны формулы для оценок статистических погрешностей эксперимента.

Рис.6. On-line страница лабораторной работы №1

Практический цикл включает в себя пять лабораторных работ: «Определение активности радиоактивного источника относительным методом», «Поглощение электронов в веществе», «Изучение проникающей способности гамма-квантов различных энергий», «Изучение проникающей способности гамма-квантов в различных веществах» и «Естественные радиоактивные ряды» (см. Рис.4–7). Каждая лабораторная работа содержит краткое описание изучаемых процессов, что необходимо для понимания выполнения измерительной части работы, а также для анализа полученных в работе результатов. В отдельном разделе работы описаны условия и проведение экспериментальных измерений. К каждой работе прилагается видеофайл (см. Рис.5), который позволяет наблюдать на экране компьютера панель спектрометра, а также то, как устанавливаются рабочие режимы на спектрометре, время регистрации, сам процесс набора спектра и его запоминания в файл. Объем видеофайла составляет несколько Мб. Использование видеоматериала приближает пользователя к проведению физического эксперимента по регистрации ионизирующего излучения. Полный

набор спектров, необходимых для выполнения работ, предлагается в виде текстовых файлов.

В отдельном разделе даны методические указания по порядку обработки экспериментальных данных, расчету и анализу конечных величин. Так как экспериментальные спектры приведены в виде текстовых файлов, обработку результатов можно делать с использованием широкого круга популярных программ, позволяющих вводить текстовые данные, делать простейшие расчеты и рисовать графики. Разработанная методика выполнения работ ориентирована на использование широко распространенной программы MS Excel. Это позволяет выполнять лабораторные работы, имея только компьютер с часто используемым набором программ. С помощью электронных таблиц может осуществляться обработка экспериментальных спектров, расчет необходимых величин, представление результатов в графическом виде.

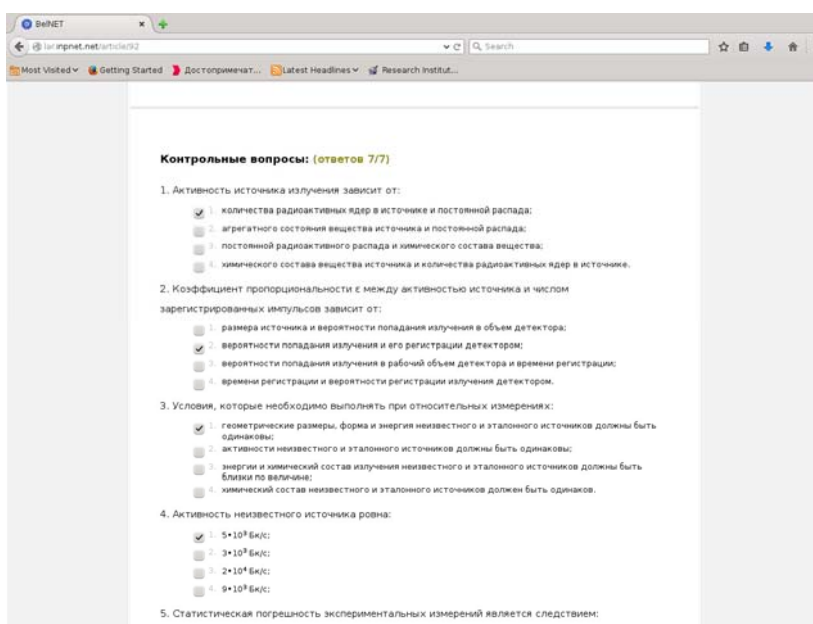


Рис. 7. Тесты к лабораторной работе №1

К каждой работе разработаны тесты (см. Рис.7), позволяющие оценить правильность полученных результатов, а также уровень понимания пользователем изучаемых процессов и его готовности применить полученные результаты, например, для оценки параметров необходимой защиты от ионизирующего излучения.

Контент портала в области радиохимии

В области ядерных знаний физика неотделима от химии и наоборот. Радиохимия относится к той области химической науки, знание которой совершенно необходимо для подготовки специалистов, способных решать

вопросы, связанные с обеспечением безопасной работы АЭС и других предприятий ядерного топливного цикла, включая переработку отработанного ядерного топлива и обезвреживания радиоактивных отходов [20, 21].

Радиохимия изучает химические свойства и физико-химические закономерности поведения радиоактивных элементов и отдельных радионуклидов, методы их выделения и концентрирования. Она включает также промышленную отрасль, связанную с получением высокорadioактивных материалов и регенерацией ядерного горючего, разработку методов применения радионуклидов, а также специальной техники и оборудования для защиты от вредного воздействия ионизирующего излучения. Современную радиохимию можно условно разделить на три раздела: химию радиоактивных элементов, общую и прикладную радиохимию.

Контент портала по радиохимии включает в себя презентации лекций, комплекс лабораторных работ, лекции на английском языке, учебный модуль «Основы химии ядерного топливного цикла», созданный в виде подкастов и включающий лекции в формате аудио- и видеофайлов и тестовые задания к ним.

В содержание учебного модуля «Основы химии ядерного топливного цикла» входит информация о типах ядерных топливных циклов (ЯТЦ), их достоинствах и недостатках, промышленной инфраструктуре ЯТЦ в разных странах. Здесь показано, что выбор оптимального варианта ЯТЦ – серьезная проблема для страны и мира в целом. В настоящее время только пять государств имеют предприятия по переработке отработанного ядерного топлива (ОЯТ) на своей территории (Франция, Россия, Великобритания, Япония, Индия). В модуле особое внимание уделено наиболее распространенному урановому циклу. Показано мировое распределение запасов природного урана, рассмотрены способы добычи и переработки урановой руды, а также обогащения урана, обсуждается производство ядерного топлива, типы существующих ядерных реакторов, включая реакторы с водой под давлением, реакторы с кипящей водой, быстрые реакторы, реакторы на тяжелой воде, газоохлаждаемые реакторы. Рассмотрена ядерная реакция деления, условия для ее осуществления, коэффициент размножения нейтронов и основные продукты, образующиеся в ходе деления. Показано, что среди продуктов деления представлены элементы всех групп периодической системы Менделеева. Рассмотрен завершающий этап ядерного топливного цикла или “back end”, включающий временное хранение отработанного ядерного топлива, его радиохимическую переработку, а также подготовку к окончательному захоронению радиоактивных отходов. Обсуждаются характеристики ОЯТ, которые необходимо учитывать при переработке. Уделено внимание основам радиохимической переработки ОЯТ (рассмотрены висмут-фосфатный метод, пурекс- и редокс-процессы). Отмечено, что полномасштабное развитие ядерной энергетики, способное решить проблему энергетического стабильного развития, возможно только в рамках замкнутого топливного цикла с использованием быстрых реакторов-размножителей.

Водно-химические режимы и водоподготовка для АЭС

На атомных электростанциях типа водо-водяной энергетический реактор (ВВЭР) предъявляются особые требования к водно-химическому режиму (ВХР). ВХР представляет собой параметры, определяющие состояние теплоносителя (в данном случае воды) рабочих сред, а также коррозию поверхностей и образование отложений на оборудовании. Контролируемыми параметрами ВХР являются катионы (Li^+ , Na^+ , K^+), анионы (Cl^- , SO_4^{2-} , PO_4^{3-} , NO_3^-), жёсткость, электрическая проводимость, цветность, рН, сухой остаток, щелочность, содержания железа, ХПК и прочее. В настоящее время контроль ВХР по различным параметрам осуществляется комплексно с привлечением как классических методов аналитической химии, так и при помощи современных физико-химических методов (одним из которых является ионная хроматография) [22, 23].

Контент в области водно-химических режимов и водоподготовки для АЭС включает презентации лекций и комплекс лабораторных работ. Данный лекционный курс включает характеристику роли воды и её функций с акцентом на значение водоподготовки и водно-химических режимов АЭС для обеспечения их безаварийной эксплуатации. Дана характеристика структуры, физических и химических свойств воды. Рассмотрено использование воды как теплоносителя в системе охлаждения первого и второго контуров, водоеме-охладителя. Особое внимание уделено химическому аспекту процессов, протекающих в воде и с участием воды. Дается трактовка водно-химического режима как совокупности мероприятий, регламентирующих соответствующее качество рабочих сред с целью обеспечения надежной и экономичной эксплуатации оборудования, контактирующего с ними. Обсуждаются водно-химические режимы работы АЭС с реакторами различных типов. Приведено систематическое изложение физико-химических основ внутриконтурных процессов, включающих коррозию конструкционных материалов; преобразование естественных примесей, привносимых в цикл извне; распределение примесей и продуктов коррозии между водой и образующимся из нее насыщенным паром; выпадение твердых соединений на поверхности оборудования; взаимодействие естественных примесей и продуктов коррозии с различными добавками, корректирующими водный режим и др.; специфических процессов радиолиза воды. Приведены основные загрязнители природных и сточных вод, методы их контроля. Охарактеризованы процессы очистки воды, включающие осветление фильтрованием, коагуляцией, флокуляцией, теоретические основы и аппаратное оформление мембранных методов (обратный осмос, нанофильтрация, ультрафильтрация, микрофильтрация), ионного обмена и др. Рассмотрены технологии очистки водных жидких радиоактивных отходов, в том числе на примере разработок белорусских ученых. Дана характеристика современных направлений исследования по использованию в реакторах АЭС воды со сверхкритическими параметрами.

Биографии ученых Беларуси

В рамках работы над порталом BelNET было решено представить биографии выдающихся ученых кафедры ядерной физики физического факультета БГУ – академиков, профессоров и докторов наук. Здесь представлены

БГУ – академиков, профессоров и докторов наук. Здесь представлены биографии В. Г. Барышевского, И. М. Габриловича, М. А. Ельяшевича, А. К. Красина, В. Н. Линева, А. С. Лобко, А. А. Михалевича, В. Б. Нестеренко, А. Н. Писаревского, Э. А. Рудака, В. В. Тихомирова, И. З. Фишера, А. Л. Холмецкого, Э. А. Чернявской, А. Ф. Чернявского, С. С. Шушкевича, В. Е. Ямного (см. Рис.8).

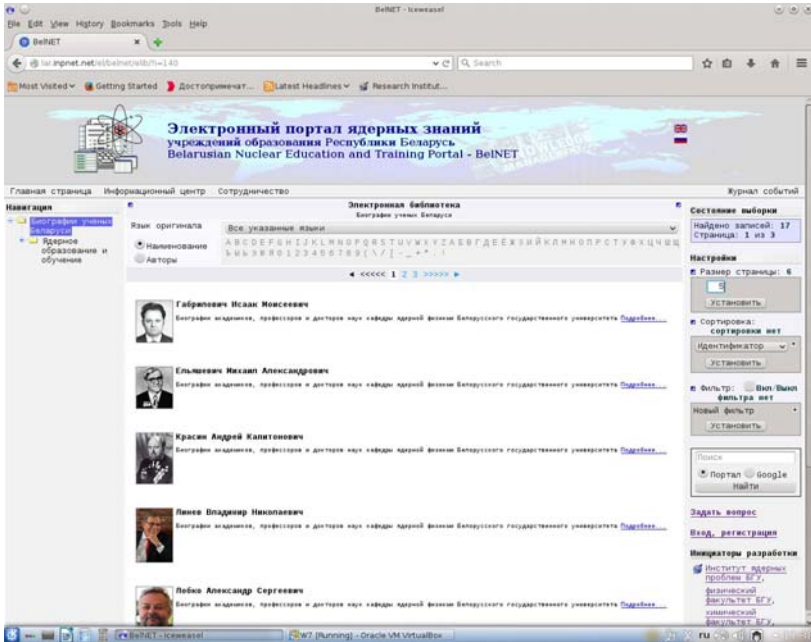


Рис.8. Портал BelNET. Раздел «Биографии ученых Беларуси»

Заключение

Следует еще раз подчеркнуть, что процесс наполнения портала информацией и заполнения базы знаний, разработка специальных материалов для системы дистанционного обучения любого портала, тем более портала ядерных знаний – процесс трудоемкий и длительный. И в этом смысле работа над BelNET находится в самом начале. Работа выполнена в рамках Государственной программы научных исследований (ГПНИ) Республики Беларусь «Информатика и космос», подпрограмма «Информатика» (2014–2015 гг.) и ГПНИ «Энергетические системы, процессы и технологии», подпрограмма «Атомная энергетика и ядерно-физические технологии» (2016–2018 гг.).

Литература

1. Сытова С. Н., Черепица С. В., Мазаник А. Л., Кулевич Н. В. // Веб-программирование и интернет-технологии WebConf 2015 : материалы 3-й Междунар. науч.-практ. конф., Минск, 12-14 мая 2015 г. 2015. С. 107–108
2. Charapitsa S.V. et al. // E-Print Archive: 1512.04313 <http://xxx.lanl.gov/abs/1512.04313>.
3. Bell D. The Coming of Post-Industrial Society: A Venture in Social Forecasting. New York: Basic Books, 1973

4. *Kosilov A.* // Int. J. Nuclear Knowledge Management. 2009. Vol. 3, N 4. P. 431–440
5. Status and Trends in Nuclear Education. Nuclear Energy Series No.NG-T-6.1 STI/PUB/1475, ISBN:978-92-0-109010-2. IAEA, 2011
6. Comparative Analysis of Methods and Tools for Nuclear Knowledge Preservation. Nuclear Energy Series No.NG-T-6.7 STI/PUB/1494, ISBN 978-92-0-113610-7. IAEA, 2011
7. Knowledge Management for Nuclear Research and Development Organizations. IAEA-TECDOC-1675, ISBN 978-92-0-125510-5. IAEA, 2012
8. Fast reactor knowledge preservation system: taxonomy and basic requirements. IAEA, 2008
9. International Atomic Energy Agency. Safety Glossary, Terminology used in Nuclear Safety and radiation Protection, 2007 Edition. IAEA, 2007
10. *Yanev Y.* // Int. J. Nuclear Knowledge Management. 2009. Vol. 3, No. 2. P.115–124
11. *Абламейко С. В., Савицкая Т. А. и др.* Университет в современном обществе. БГУ в стране и мире. БГУ, 2015
12. Величины и единицы в дозиметрии защиты от ионизирующих излучений. Доклад МКРЕ № 51 (перевод). 1993
13. Рекомендации Международной комиссии по радиационной защите от 2007 года Публикация 103. Пер с англ./под общей ред. М.Ф.Киселева и Н.К.Шандалы. 2009
14. *Кутьков В. А.* Величины в радиационной защите и безопасности. Препринт РНЦ «Курчатовский институт», 2011
15. *Гусев Н. Г., Климанов В. А., Машикович В. П., Суворов А. П.* Защита от ионизирующих излучений. Т.1. Физические основы защиты от излучений. Энергоатомиздат, 1989.
16. Излучения ионизирующие и их измерения. Термины и определения. ГОСТ 15484-81
17. *Иванов В. И.* Курс дозиметрии. 4-е изд. перераб. и доп. Энергоатомиздат, 1988
18. *Shultis J. K., Faw R. E.* Radiation shielding. Prentice Hall, PTR, 1996
19. *Sabol J., Weng P. S.* Radiation protection dosimetry. World Scientific, 1995
20. *Давыдов Ю. П.* Основы радиохимии. Мн., 2014
21. *Friedlander G. et al.* Nuclear and Radiochemistry. 3rd Edition. John Wiley and Sons, 1981
22. *Воронов В. Н., Ларин Б. М., Сенина В. А.* Химико-технологические режимы АЭС с ВВЭР. Издательский дом МЭИ, 2006
23. *Копьлов А. С., Лавыгин В. М., Очков В. Ф.* Водоподготовка в энергетике: Учебное пособие для вузов. Издательский дом МЭИ, 2006

THE PRINCIPLES OF THE CONTENT OF EDUCATIONAL AND RESEARCH WEB-PORTAL OF NUCLEAR KNOWLEDGE BelNET

**S. Sytova, M. Dezhurko, I. Dubovskaya, I. Kimlenko, A. Kovalenko,
A. Lobko, A. Mazanik, N. Polyak, T.Savitskaya, T. Sidorovich,
A.Timoschenko, S. Charapitsa**

It is given a detailed description of the content of educational and research portal of nuclear knowledge BelNET. Portal is developed by the group of scientists and teachers of the Ministry of Education of the Republic of Belarus and is intended for students, teachers and all interested in the subject Internet users.

Creating specialized educational and research portal of nuclear knowledge BelNET (Belarusian Nuclear Education and Training) is an important step at the stage of the Belarusian nuclear power plant construction, since by the IAEA recommendations, each country that forms its own nuclear industry must have an original national portal of nuclear knowledge, integrated into the global nuclear knowledge management system.

The mission of BelNET is creation of favorable information, socio-cultural and educational environment for the sustainable development of the country's nuclear power industry. At present a pilot version of BelNET is located here: <https://bsu.inpnet.net/belnet/>. It is implemented all necessary functions of the portal, including the ability to remotely edit the portal structure and recording documents, various sorting and filtering tools, as well as two level of access to documents depending on the user rights. In fact, in this work the original Belarusian content management system was established. It provides, inter alia, the ability to enter text, formulas in LaTeX-like form, input of different types of files, photos, images, video etc.

We emphasize that the process of filling the portal by information and development of special materials for distance learning is the process time-consuming and lengthy. In this sense, the work on BelNET is at the beginning.