

---

# ФИЗИКА ЯДРА И ЭЛЕМЕНТАРНЫХ ЧАСТИЦ

---

## ATOMIC NUCLEUS AND ELEMENTARY PARTICLE PHYSICS

---

УДК 004.4;004.6;004.9

### СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ЯДЕРНЫМИ ЗНАНИЯМИ В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ

С. Н. СЫТОВА<sup>1)</sup>

<sup>1)</sup>Институт ядерных проблем БГУ, ул. Бобруйская, 11, 220006, г. Минск, Беларусь

Дан обзор основных понятий в области управления знаниями, в том числе ядерными, с учетом рекомендаций ООН и МАГАТЭ в сфере менеджмента знаний. Проведена оценка состояния систем управления ядерными знаниями в мире, странах Евразийского экономического союза и Республике Беларусь. Проанализированы информационно-аналитическая деятельность и специфика работы национального регулятора в области ядерной и радиационной безопасности – Департамента по ядерной и радиационной безопасности Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь (Госатомнадзор) – в сфере управления ядерными знаниями, а также названы лучшие отечественные практики и опыт в этой сфере. Дано описание современных информационных технологий для системы управления ядерными знаниями, включая дальнейшее развитие возможностей и инструментов информационных программных продуктов – Интеллектуальной информационной системы сотрудника Госатомнадзора для обеспечения контроля (надзора) в области ядерной и радиационной безопасности и электронного портала ядерных знаний Республики Беларусь *BelNET* (<https://belnet.bsu.by/>). Приведены основные принципы работы и дальнейшего развития системы управления ядерными знаниями в Республике Беларусь.

**Ключевые слова:** менеджмент знаний; ядерные знания; управление ядерными знаниями; информационная система; свободное программное обеспечение.

---

#### Образец цитирования:

Сытова С.Н. Система управления ядерными знаниями в Республике Беларусь. *Журнал Белорусского государственного университета. Физика*. 2022;2:87–98.  
<https://doi.org/10.33581/2520-2243-2022-2-87-98>

#### For citation:

Sytova SN. Nuclear knowledge management system in the Republic of Belarus. *Journal of the Belarusian State University. Physics*. 2022;2:87–98. Russian.  
<https://doi.org/10.33581/2520-2243-2022-2-87-98>

---

#### Автор:

**Светлана Николаевна Сытова** – заведующий лабораторией аналитических исследований.

#### Author:

**Svetlana N. Sytova**, head of the laboratory of analytical research.  
[sytova@inp.bsu.by](mailto:sytova@inp.bsu.by)  
<https://orcid.org/0000-0002-2476-9979>



## NUCLEAR KNOWLEDGE MANAGEMENT SYSTEM IN THE REPUBLIC OF BELARUS

S. N. SYTOVA<sup>a</sup>

<sup>a</sup>*Institute for Nuclear Problems, Belarusian State University,  
11 Babrujskaja Street, Minsk 220006, Belarus*

The article provides an overview of the basic concepts in the field of knowledge management, taking into account the recommendations of the United Nations in this area, as well as the nuclear knowledge management from the perspective of the International Atomic Energy Agency. The assessment of the state of nuclear knowledge management in the world, Eurasian Economic Union countries and Republic of Belarus has been carried out. The information and analytical activities and the specifics of the work of the national regulator in the field of nuclear and radiation safety – Department of Nuclear and Radiation Safety of the Ministry for Emergency Situations of the Republic of Belarus (Gosatomnadzor) – in the field of nuclear knowledge management were analysed, as well as the best practices in this area in the Republic of Belarus. A description of modern information technologies for nuclear knowledge management system is given, including the further development of the capabilities and tools of software products – Intellectual information system of an employee of Gosatomnadzor to ensure control (supervision) in the field of nuclear and radiation safety and electronic portal of nuclear knowledge of the Republic of Belarus *BelNET* (<https://belnet.bsu.by/>). The basic principles for work and further development of nuclear knowledge management system in the Republic of Belarus are presented.

**Keywords:** knowledge management; nuclear knowledge; nuclear knowledge management; information system; free software.

### Введение

Создаваемая в настоящее время система управления ядерными знаниями (СУЯЗ) в Республике Беларусь включает в себя разработку информационных технологий для интеллектуальной поддержки информационно-аналитической деятельности Департамента по ядерной и радиационной безопасности Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь (Госатомнадзор) с использованием методов и принципов управления ядерными знаниями, а также создание на базе таких технологий национального электронного портала ядерных знаний Республики Беларусь под эгидой Госатомнадзора.

В статье дан обзор основных понятий в области управления знаниями, в том числе ядерными, проведен анализ состояния СУЯЗ в мире и в Республике Беларусь. Рассмотрены лучшие практики и опыт в области управления ядерными знаниями в стране. Сформулированы основные принципы работы СУЯЗ в Республике Беларусь.

Понятия *управление ядерными знаниями* и *менеджмент ядерных знаний* являются синонимами и используются в статье в равной степени.

### Менеджмент знаний

В Декларации о науке и использовании научных знаний ЮНЕСКО (принята 1 июля 1999 г.) подчеркивается важное значение свободного распространения результатов научной деятельности, для чего необходимо развитие электронных научных архивов и порталов на основе передовых информационных технологий [1].

ООН уделяет огромное внимание менеджменту знаний, организации и развитию систем менеджмента во всех областях знаний в мире [2], отмечая большие усилия крупных международных организаций в области менеджмента знаний, в том числе МАГАТЭ в области менеджмента ядерных знаний. Управление знаниями остается непростой задачей для всех организаций системы ООН. Согласно основополагающим положениям менеджмента знаний [3; 4], его следует рассматривать как процесс создания знаний и информации, обмена ими, их использования, а также управления знаниями и информацией. Правильно организованная система управления знаниями обеспечивает контроль за созданием новых знаний, процессами структуризации, кодификации и идентификации знаний, их передачей, защитой и обеспечением доступа к ним, эффективным использованием имеющихся знаний при принятии решений. Для реализации менеджмента знаний, включая обеспечение точности и доступности данных, создаются крупные информационные системы. Отсутствие таких систем приводит к наличию больших объемов несогласованных наборов данных и проблемам качества таких данных, функционированию несовместимых разрозненных хранилищ данных, что зачастую ведет к ошибочным выводам при принятии важных решений. Первыми работами в этой области можно назвать публикации [5; 6], в которых рассматривался системный подход к менеджменту знаний и информационных систем в этой области.

Национальный научный фонд США (*National Science Foundation*) (<https://www.nsf.gov/>) определяет три широкие категории типов данных: исследования, ресурсы и справочные коллекции [4]. Особенно важна первая категория, представляющая собой данные, собранные отдельными исследователями и небольшими исследовательскими группами. В существующих системах данных и ресурсах коллекции исследований зачастую теряются. По этой причине создание новых информационных инструментов и собственных программных средств для их сохранения и распространения является крайне важным.

Стандарт ИСО 30401:2018 «Системы менеджмента знаний. Основные требования» специально формулирует и конкретизирует основные понятия менеджмента знаний и информационных систем для его реализации, обеспечивает общую основу для интеграции системы управления знаниями и объясняет ее преимущества. Целью этого стандарта является поддержка организаций в разработке системы менеджмента, которая помогает создавать ценности через знания. Поскольку ИСО 30401:2018 не требует в данной части проведения внешнего аудита, то каждая организация может создавать СУЗ с учетом доступных ресурсов.

Согласно международному стандарту ИСО 9001:2015 «Системы менеджмента качества. Требования», данные – это факты об объекте, а информация – это значимые данные. Данные понимаются по-разному в разных отраслях. В своей базовой форме данные представляют собой набор различных символов, значение которых становится ясным только тогда, когда они связаны с контекстом. Путаница между понятием данных и понятием информации часто возникает из-за того, что информация состоит из данных. Кроме того, данные часто интерпретируются как факты в контексте разговорного значения и поэтому рассматриваются как информация. Можно отметить, что компьютеры очень хорошо обрабатывают данные. Сейчас они учатся понимать данные и извлекать из них информацию с помощью технологий машинного обучения.

Приведем пример данных: 30031965. Эти цифры могут иметь много смыслов. Но если данные связаны с контекстом, числовая последовательность представляет уже содержательную информацию: дата рождения 30.03.1965.

Информация предоставляет экспертные знания о фактах или людях. Вышеприведенная информация о дате рождения все еще имеет очень небольшую ценность, если неизвестно, какому человеку она принадлежит. Дополнительная связанная информация, такая как имя, создает знания о человеке.

Согласно стандарту ИСО 9000:2015 «Системы менеджмента качества. Основные положения и словарь», знание – человеческий актив или актив организации, позволяющий принимать эффективные решения и действовать в соответствии с контекстом. Компетентность – способность применять знания и навыки для достижения намеченных результатов.

Для создания эффективного менеджмента знаний, помимо указанных выше, разработан широкий круг международных и национальных стандартов, например австралийский стандарт AS 5037–2005 «Knowledge management – a guide», семейство стандартов CWA 14924 «European guide to good practice in knowledge management» Европейского комитета по стандартизации. Российская Федерация разработала свыше 20 стандартов в области менеджмента знаний, в их числе ГОСТ Р 53894–2016, ГОСТ Р 54874–2016, ГОСТ Р 54875–2011, ГОСТ Р 54876–2011 и др.

Ведущей международной организацией в области менеджмента знаний является Мировая система данных (*World Data System, WDS*) (<https://www.worlddatasystem.org/>). Это междисциплинарный орган Международного научного совета (*International Science Council*), созданный в 2008 г. В стратегическом плане WDS сформулировано долгосрочное видение мира, где передовые научные достижения эффективно используются в политике и социально-экономическом развитии, а все страны имеют равный доступ к научным данным и информации для реализации собственных путей устойчивого развития.

Согласно WDS общая сумма человеческих знаний к 1800 г. удваивалась каждые 50 лет, к 1950 г. – каждые 10 лет, к 1970 г. – каждые 5 лет, к 1990 г. – ежегодно. Количество статей на вики-порталах в настоящее время растет экспоненциально. Причем около 95 % общего объема знаний составляют неструктурированные данные и лишь 5 % – различные базы данных, т. е. тем или иным образом структурированная информация.

Все это означает, что в XXI в. больше нельзя полагаться на спонтанное распространение знаний. Они должны целенаправленно создаваться, консолидироваться, применяться и многократно использоваться [3]. Более того, следует стремиться к обеспечению открытого доступа к научной информации для всех в интересах глобального потока знаний, инноваций и социально-экономического развития. ООН и ЮНЕСКО поддерживают некоммерческое использование доступа к знаниям [1; 2].

### Менеджмент ядерных знаний

В качестве яркого положительного примера систематизированного подхода к менеджменту знаний можно привести деятельность МАГАТЭ в области менеджмента ядерных знаний, активно проводимую с начала XXI в. [7–11].

Согласно концепции МАГАТЭ [8] управление ядерными знаниями – это комплексный систематический подход, применяемый на всех этапах жизненного цикла ядерных знаний, включая их идентификацию, совместное использование, защиту, распространение, передачу и сохранение. Для МАГАТЭ менеджмент знаний превратился во всестороннюю и проверенную временем ежедневную практику, а существующие стратегии управления знаниями постоянно корректируются и пересматриваются в свете уроков, извлеченных из опыта их осуществления.

Ядерные знания – это задокументированные и научно доказанные знания в области ядерной энергетики, широкий слой фундаментальных и прикладных знаний, необходимых для целостного понимания этой области науки. Фундаментальные научные ядерные знания накапливаются уже около 100 лет, но за последние 60 лет они получили дальнейшее развитие благодаря практическому опыту их применения.

Следует отметить, что ядерные знания характеризуются уникальным сочетанием факторов, которые делают управление ими особенно ответственным. Этими факторами являются требования к безопасности, сложность, необходимость участия правительственных структур, высокие затраты, длительные сроки, повышенные требования к образованию и переподготовке кадров.

Качественный состав ядерных знаний включает такие области науки и техники, как ядерная физика, ядерная астрофизика, физика элементарных частиц, атомная и молекулярная физика, физика конденсированных сред, термоядерные исследования и технологии, химия, науки о жизни, науки о Земле, атомная энергетика, ядерный топливный цикл и радиоактивные отходы, неядерная энергетика, инженерные и измерительные приборы, экономика и право, медицина, меры безопасности и др.

Ядерные знания уникальны во многих отношениях. Они отличаются от знаний, разрабатываемых и используемых в других областях. Здесь, помимо проблем безопасности, обязательно должны учитываться аспекты нераспространения, связанные с двойным (мирным и немирным) характером ядерных технологий. Также следует отметить постоянное пристальное внимание к новостям в области ядерных знаний со стороны общественности, которая в силу недостатка информации и (или) неполноты знаний зачастую генерирует разного рода фобии и информационные вбросы.

Строительство Белорусской АЭС означает формирование в стране атомной отрасли и остро ставит проблему подготовки специалистов в различных областях физики, техники, химии, биологии, а также применения ядерно-физических методов в науке и технике, ядерной медицине и т. д. Для создания полноценной СУЯЗ в Республике Беларусь необходима целенаправленная национальная политика по управлению информационными ресурсами и знаниями в целях сохранения и развития их на уровне, обеспечивающем в том числе безопасное, устойчивое и эффективное развитие ядерной энергетики и промышленности страны. Специфика Республики Беларусь состоит в исторической миссии белорусского народа по преодолению последствий, анализу причин и уроков чернобыльской аварии, а также в строительстве первой отечественной атомной станции, большом научном потенциале страны в области ядерных знаний, накопленном начиная с середины прошлого века, наличии развитой экономики, активно использующей разнообразные источники ионизирующего излучения.

Политика МАГАТЭ направлена на то, чтобы каждая развитая страна, формирующая собственную атомную отрасль, самостоятельно разработала и поддерживала национальный портал ядерных знаний, интегрированный в мировую систему менеджмента ядерных знаний. В рамках своего сайта (<https://www.iaea.org/>) МАГАТЭ поддерживает функционирование нескольких порталов и информационных ресурсов в области ядерных знаний. Основным ресурсом МАГАТЭ в менеджменте ядерных знаний является портал *NUCLEUS* (<https://www.iaea.org/resources/nucleus-information-resources>). Он представляет собой общий портал, позволяющий получить доступ к более чем 130 источникам информации МАГАТЭ по научным, техническим и нормативно-правовым вопросам, включая базы данных, веб-сайты, приложения, публикации, нормативные документы по безопасности и учебные материалы.

Созданная МАГАТЭ в 1970 г. Международная система ядерной информации (*International Nuclear Information System, INIS*) (<https://www.iaea.org/resources/databases/inis>) является одной из крупнейших в мире коллекций опубликованной информации по мирному использованию ядерной науки и техники. Система INIS содержит свыше 600 тыс. полных текстов и 400 тыс. библиографических записей. Она поддерживает многоязычный тезаурус на арабском, китайском, английском, французском, немецком, японском, русском и испанском языках, обеспечивая перевод тысяч технических терминов и помогая в навигации и поиске.

С 2021 г. МАГАТЭ акцентирует внимание на менеджменте знаний в области ядерной безопасности, которая является подмножеством ядерных знаний [9], а также на компьютерной безопасности в рамках ядерной безопасности [10]. Отметим активное развитие в последнее время семантических технологий [11] в применении к данной области.

Приведем примеры мировых порталов по ядерным знаниям, которые поддерживает МАГАТЭ: Европейская сеть ядерного образования (*European Nuclear Education Network, ENEN*) (<http://www.enen.eu/>), Азиатская сеть образования в области ядерных технологий (*Asian Network for Education in Nuclear Tech-*



nology, ANENT) (<http://www.anentweb.org/>), Африканская сеть образования в области ядерной науки и технологии (*African Network for Education in Nuclear Science and Technology*, AFRA-NEST) (<https://www.iaea.org/services/networks/afra-nest>), Латиноамериканская образовательная сеть по ядерным технологиям (*Latin American Network for Education in Nuclear Technology*, LANENT) (<https://www.iaea.org/services/networks/lanent>). Региональная сеть «Образование и подготовка специалистов в области ядерных технологий» (STAR-NET) (<https://www.star-net.online/ru/>) учреждена в 2015 г. и объединяет 15 университетов из 8 стран бывшего Советского Союза, в том числе 3 белорусских вуза – БГУ, Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, Белорусский национальный технический университет.

Практически вся информация на указанных порталах, за исключением сети STAR-NET, представлена на английском языке. Все эти порталы закрыты для незарегистрированных посетителей. Регистрация не является общедоступной. Используется технология системы управления обучением CLP4NET (*Cyber Learning Platform for Network Education and Training*) (<https://elearning.iaea.org/m2/>), основанная на системе Moodle (<https://moodle.org/>), являющейся свободным программным обеспечением (СПО).

Из стран Евразийского экономического союза в области создания и развития СУЯЗ следует выделить только Российскую Федерацию. Остальные страны, даже имеющие атомные станции, не проводят сколько-нибудь видимой политики в области управления ядерными знаниями. Государственная корпорация по атомной энергии «Росатом» (далее – Росатом) (<https://rosatom.ru/>) уделяет большое внимание управлению знаниями, в том числе ядерными. Согласно официальному сайту корпорации, в основе СУЯЗ Росатома лежит представление о жизненном цикле корпоративных знаний – от идеи, неформализованного знания, его формализации и переноса на материальные носители до момента коммерциализации знаний в форме охраняемых результатов интеллектуальной деятельности. Сам портал ядерных знаний Росатома является закрытым.

Очень важная составляющая работы по управлению ядерными знаниями в Российской Федерации – научный портал *Атомная энергия 2.0* (<https://www.atomic-energy.ru/>). Каждый день на нем размещается минимум 30 новостей. Портал обладает сложной продуманной таксономией. Как сказано на портале, *Атомная энергия 2.0* – самое крупное и наиболее посещаемое в Российской Федерации и странах СНГ цифровое СМИ атомной отрасли, выходящее в сотрудничестве со многими деловыми, научными, государственными, образовательными, общественными и экологическими организациями с 2008 г.

### Ядерные знания в Республике Беларусь

В республике есть ряд крупных организаций, работающих в области ядерных технологий, обеспечивающих ядерную и радиационную безопасность, осуществляющих экспертизу документов и подготовку специалистов для ядерной энергетики. Среди них Объединенный институт энергетических и ядерных исследований – Сосны (ОИЭЯИ – Сосны) НАН Беларуси, Белорусская АЭС, предприятие «Экорес», компания «Изотопные технологии» и многие другие организации, предприятия и учреждения, ведущие вузы страны. С вводом энергоблока № 1 Белорусской АЭС Республика Беларусь вошла в престижный клуб стран с атомной энергетикой.

Госатомнадзор, выполняющий функции национального регулятора в области ядерной и радиационной безопасности, разработал и постоянно совершенствует собственную корпоративную стратегию управления знаниями, которая полностью соответствует принципам МАГАТЭ по управлению ядерными знаниями на уровне организации.

МАГАТЭ часто обращает внимание на лучшие практики и опыт [7]. Это совокупность профессиональных процедур, признанных правильными и наиболее эффективными. В Республике Беларусь такими лучшими практиками и опытом в области управления ядерными знаниями являются:

1. Деятельность Госатомнадзора. (Поскольку Госатомнадзор отвечает за установление регулирующих требований в области обеспечения ядерной и радиационной безопасности и контроль за их соблюдением, несет ответственность за эффективную защиту населения и территорий от ядерных угроз и рисков, а также от вредного воздействия ионизирующего излучения, т. е. обеспечивает менеджмент ядерной безопасности в стране, являющийся подмножеством менеджмента ядерных знаний [7], то фактически вся деятельность Госатомнадзора лежит в русле управления ядерными знаниями в Республике Беларусь. Его сайт (<https://gosatomnadzor.mchs.gov.by/>) содержит несколько крупных разделов, в частности раздел «Законодательство» (<https://gosatomnadzor.mchs.gov.by/zakonodatelstvo/>), где размещены практически все документы национальной системы нормативного правового регулирования в области обеспечения ядерной и радиационной безопасности (действующие и разрабатываемые), и раздел «Лицензирование» (<https://gosatomnadzor.mchs.gov.by/litsenzirovanie/>), включающий полный перечень документов, необходимую справочную информацию, реестр лицензий, материалы для оценки знаний, в том числе список вопросов к экзаменам по оценке знаний.)

2. Организация и проведение обучения в различных областях ядерной и радиационной безопасности в рамках разнообразных обучающих курсов и семинаров, в том числе под эгидой МАГАТЭ, для сотрудников предприятий и организаций страны, а также регулярный обмен опытом в сфере ядерной и радиационной безопасности на международных форумах, конференциях, семинарах. (Это является важной составляющей СУЯЗ в Республике Беларусь.)

3. Организация и проведение Госатомнадзором первых общественных слушаний перед выдачей лицензии на эксплуатацию энергоблока № 1 Белорусской АЭС 30 апреля 2021 г. (Мероприятие проходило в «гибридном» формате с девятью активными студиями, работавшими в режиме видео-конференц-связи. Ответы на заданные в ходе слушаний вопросы были размещены на сайте Госатомнадзора. Таким образом решается задача формирования положительного отношения населения к ядерной энергетике.)

4. Проведение в Госатомнадзоре встреч со студентами белорусских вузов и деятельность профессорско-преподавательского состава ведущих отечественных вузов в рамках сети STAR-NET. (Однако обеспечение открытого доступа к лекциям и другим материалам этой сети могло бы существенно повысить интерес белорусской студенческой аудитории к ядерным знаниям, поскольку, как говорилось выше, специальных материалов и курсов на русском языке в открытом доступе на учебных и научных порталах в области ядерных знаний в мире практически нет.)

5. Функционирование Интеллектуальной информационной системы сотрудника Госатомнадзора для обеспечения контроля (надзора) в области ядерной и радиационной безопасности (далее – ИИСН ГАН). (С ее помощью в настоящее время в Республике Беларусь на уровне регулирующего органа ведется весь учет источников ионизирующего излучения, учет ядерного материала с отчетностью перед МАГАТЭ, надзор за строительством и функционированием Белорусской АЭС.)

6. Функционирование электронного портала ядерных знаний Республики Беларусь *BelNET* (*Belarusian Nuclear Education and Training Portal*) (<https://belnet.bsu.by/>).

### Информационные системы для создания СУЯЗ

Как отмечалось выше, для реализации эффективной системы управления знаниями (в том числе ядерными) необходимо хорошо продуманное программное обеспечение, особенно когда имеются распределенные среды данных и разнообразные программные продукты для работы с ними.

Основой информационной поддержки СУЯЗ в Республике Беларусь в настоящее время являются две белорусские разработки на основе СПО.

ЮНЕСКО [1] активно поддерживает СПО, открытый доступ, открытые данные, открытые образовательные ресурсы, которые позволяют свободно и законно обмениваться информацией, предоставляя широкие возможности для обмена знаниями и повышения качества принятия решений. Выбор СПО для белорусских разработок подробно обсуждался в статьях [12; 13].

ИИСН ГАН (система *eLab-Control*) на основе СПО (рис. 1) разработана в рамках государственной научно-технической программы «Интеллектуальные информационные технологии» на 2016–2020 гг. [12–14]. Она включает следующие разделы:

1. Контроль (надзор) за обеспечением безопасности при сооружении и вводе в эксплуатацию Белорусской АЭС, включая контроль (надзор) за оборудованием, системами и элементами энергоблоков № 1, 2 Белорусской АЭС.

2. Контроль (надзор) за радиационной безопасностью источников ионизирующего излучения.

3. Модуль учета и контроля ядерных материалов, отработавшего ядерного материала и радиоактивных отходов (учет и контроль ядерных материалов в рамках этого модуля реализован в строгом соответствии с требованиями МАГАТЭ в данной области).

4. Общая информация и вспомогательные инструменты.

В ИИСН ГАН осуществлен перенос данных из старых информационных систем Госатомнадзора. В результате работ по созданию системы проведено программное оснащение свыше 50 рабочих мест в Госатомнадзоре, его территориальных подразделениях, в том числе в областных центрах, на площадке Белорусской АЭС.

Вторая разработка, выполненная в рамках государственных программ научных исследований в 2014–2018 гг., – портал *BelNET* (рис. 2). В рамках его создания было разработано программное обеспечение *eLab-Science* – оригинальная система управления контентом для создания учебно-научных порталов различных профилей на базе СПО [15]. Также на ее основе созданы научный портал *CoExAN* (<https://coexan.bsu.by>) проекта «Collective excitations in advanced nanostructures» программы «Горизонт-2020» и электронный портал *eLab* (<https://elab.bsu.by/>), посвященный системе электронного документооборота аккредитованной испытательной лаборатории *eLab*.

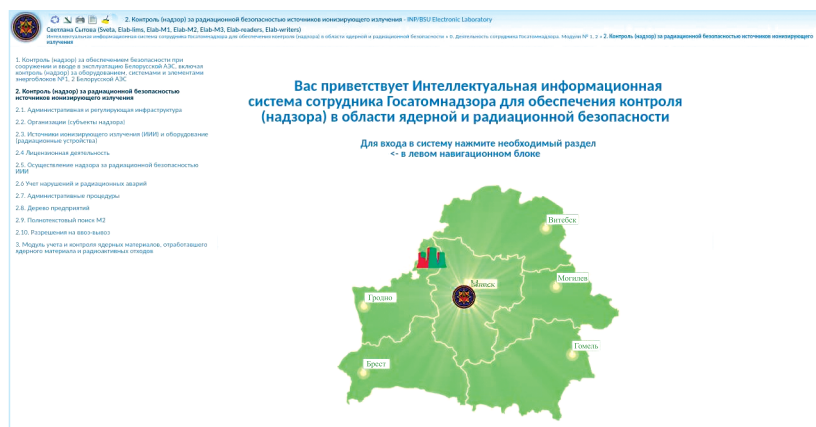


Рис. 1. Интеллектуальная информационная система сотрудника Госатомнадзора (раздел 2)

Fig. 1. Intellectual information system of an employee of Gosatomnadzor (section 2)

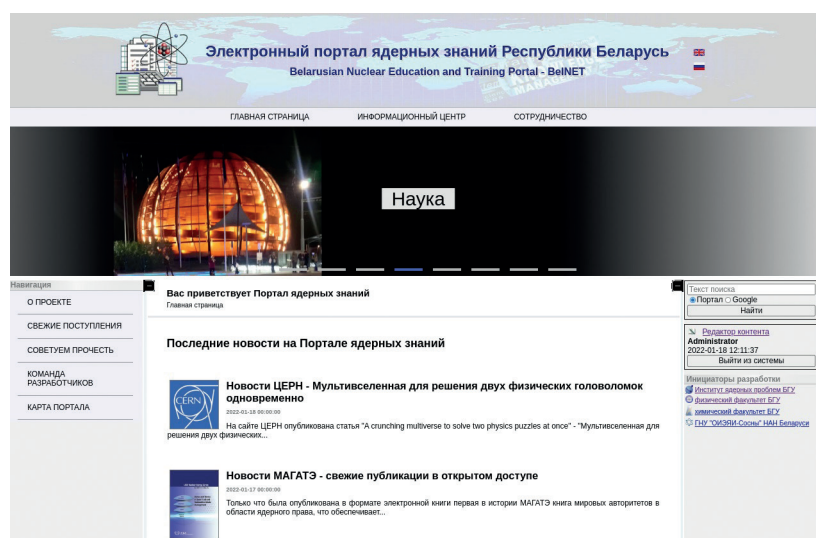


Рис. 2. Портал BelNET

Fig. 2. Portal BelNET

В рамках системы управления контентом *eLab-Science* реализованы все необходимые функции портала, включая возможность удаленной правки структуры портала и занесения документов, разнообразной сортировки и фильтрации, а также несколько уровней доступа к документам в зависимости от прав пользователей. Созданы специальные инструменты разработчика контента (редакторы), обеспечивающие формирование ресурсов и доступ к ним: редактор разделов портала, позволяющий изменять структуру портала онлайн; редактор типов ресурсов для добавления новых типов ресурсов к уже существующим; редактор самих ресурсов; редактор систематизации ресурсов, обеспечивающий размещение ресурса в одном или нескольких разделах портала; редактор доступа к файлам, описывающий тип доступа к ресурсу для различных групп пользователей; редактор структуры портала; редактор содержания ресурса; редактор контрольных вопросов теста лабораторной работы; редактор ответов на вопросы теста.

На портале различаются следующие группы пользователей:

- 1) анонимный пользователь, имеющий возможность чтения материалов, находящихся в открытом доступе;
- 2) зарегистрированный пользователь, имеющий возможность выполнения лабораторных работ на портале и чтения материалов с соответствующим уровнем доступа;
- 3) авторизованный пользователь, имеющий возможность чтения материалов с соответствующим уровнем доступа и редактирования информации на портале;
- 4) администратор портала, отвечающий за контент;
- 5) системный администратор портала, осуществляющий техническую поддержку.



Создание в Республике Беларусь полноценного национального электронного портала ядерных знаний с нуля – задача, которую целесообразно решать в несколько этапов. Первые этапы были реализованы в 2014–2020 гг. с разработкой и внедрением указанных выше программных продуктов. Портал ядерных знаний *BelNET*, который активно растет и развивается, является прототипом большого национального портала.

Обе системы (*eLab-Control* и *eLab-Science*) разработаны на одних и тех же принципах в рамках фреймворка *eLab*, хотя имеют разный интерфейс. Фреймворк *eLab* (от англ. *framework* – остов, каркас, структура) – это шаблон для программной платформы, на основе которого можно развивать различные информационные продукты для разнообразных применений, в том числе для контроля качества горюче-смазочных материалов в Вооруженных силах Республики Беларусь (*eLab-GCM*), системы для аккредитованных испытательных лабораторий мясо-молочной промышленности (*eLab-Meat*) и др. [12; 13]. СПО, используемое во всех программных продуктах *eLab* (операционная система *Debian GNU/Linux*, веб-сервер *Apache*, сервер баз данных *Firebird*, сервер приложений *PHP*), регулярно обновляется до последних версий. Работа осуществляется через веб-интерфейс в многопользовательском режиме с разделением прав доступа посредством стандартных браузеров. Фреймворк *eLab* постоянно развивается и совершенствуется. На программные продукты *eLab* получены пять свидетельств Национального центра интеллектуальной собственности Республики Беларусь о регистрации компьютерной программы.

Сотрудники Госатомнадзора, которые будут активно работать в рамках создаваемого национального портала ядерных знаний, привыкли к интерфейсу ИИСН ГАН (система *eLab-Control*), предоставляющему существенно больше инструментов и функций работы с данными по сравнению с системой *eLab-Science*. Поэтому в настоящий момент проводится развитие системы *eLab-Control* с добавлением в нее редакторов системы *eLab-Science* и новой функциональности, в том числе полнотекстового поиска по сканированным документам, что чрезвычайно актуально ввиду наличия огромного количества документов на бумажных носителях.

### Принципы создания и контент портала *BelNET*

Единственным полноценным открытым порталом ядерных знаний в Республике Беларусь в настоящий момент является портал *BelNET*.

В работах [12; 13] рассматривались система *eLab-Control* и фреймворк *eLab* с точки зрения процессного системного подхода [5; 6]. Для достижения целей, которые ставятся при автоматизации процесса, этот подход предполагает исследование всех его взаимосвязанных подпроцессов: их разбиение, детализацию и анализ, определение участников, руководителей, их обязанностей и т. д. В применении к менеджменту знаний такой метод означает взаимосвязанный систематический подход к процессу создания, получения, преобразования, развития, распространения, передачи, идентификации и сохранения знаний, т. е. коллективного использования знаний.

В статье [12] приведена схема функциональной структуры ИИСН ГАН (система *eLab-Control*) в нотации IDEF0 в соответствии с РД IDEF0–2000 «Методология функционального моделирования IDEF0» [16]. На рис. 3 представлена аналогичная схема для портала *BelNET* (система *eLab-Science*). Данная схема отражает информационные связи между элементами (подсистемами) информационной системы и внешней средой, которые осуществляются посредством поступающих в систему извне либо формируемых пользователями различных типов ресурсов: документов, статей, видеофайлов, содержимого баз данных и т. д. На выходе во внешнюю среду система выдает формируемые в электронном виде информационные потоки (контент портала), систематизированные в соответствии с внутренними семантическими алгоритмами на основе базовых понятий, определяемых тезаурусами. Все процессы в системе регламентируются нормативными правовыми актами (НПА) различного уровня.

На рис. 3 представлена схема верхнего уровня A0. Далее можно привести схемы следующего уровня в нотации IDEF1, отображающие информационные потоки, их структуру и взаимосвязи внутри системы: «Управлять деятельностью» (уровень A1), «Создать ресурс» (уровень A2), «Отобразить ресурс на портале (индексировать, систематизировать, определить права доступа)» (уровень A3), «Создать механизмы, обеспечивающие функционирование СУЯЗ» (уровень A4).

Другая сторона процессного системного подхода [5; 6] может быть представлена на системном уровне, как на рис. 4. Здесь изображены четыре основных компонента бизнес-процесса в области менеджмента ядерных знаний, реализованных и связанных между собой в базе данных системы *eLab-Science* через процедуры, триггеры, вспомогательные таблицы. Эти компоненты – менеджмент пользователей, структура и разделы, ресурсы, систематизация и доступ. Данная схема усовершенствована по сравнению со схемой, представленной в работе [15]. Наружные стрелки описывают внешние информационные потоки. Тезаурусы и глоссарии также являются ресурсами, формируемыми на общих с остальными ресурсами принципах. На основе тезаурусов строится таксономия (иерархическая структура портала). Информационные потоки на выходе (в центре схемы) составляют контент портала.



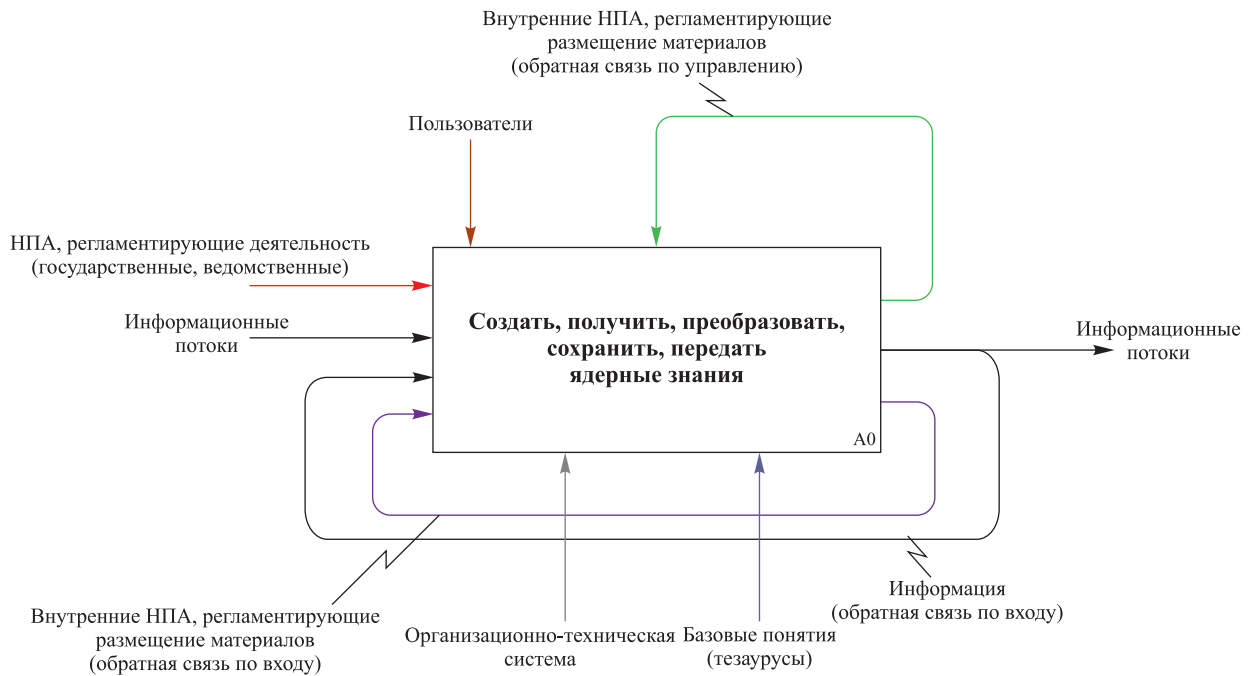


Рис. 3. Схема функциональной структуры портала BelNET в нотации IDEF0

Fig. 3. Diagram of the functional structure of portal BelNET in notation IDEF0

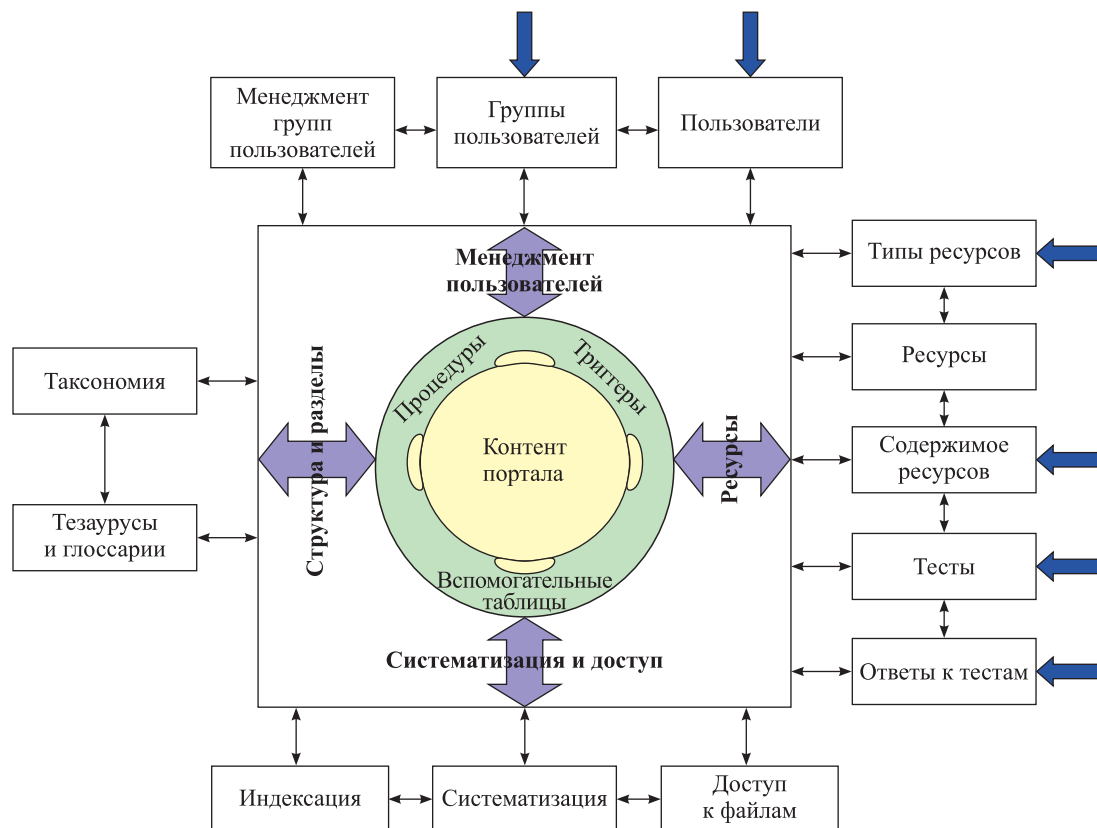


Рис. 4. Схема процессного системного подхода в eLab-Science

Fig. 4. Scheme of the process system approach in eLab-Science

Контент любого портала – это информация, размещенная на его страницах. Наполнение портала информацией и заполнение базы знаний, разработка специальных материалов для дистанционного обучения – трудоемкая и длительная процедура. Очевидно, что формирование контента портала является творческим процессом, который требует нетривиального подхода на каждом этапе своего осуществления.

Контент портала *BelNET* в области ядерных знаний, созданный силами преподавателей и научных сотрудников БГУ и ОИЭЯИ – Сосны, включает специально разработанный глоссарий, монографии, учебники, материалы международных научных конференций, аналитические обзоры терминов «Физика ионизирующего излучения» и «Дозиметрические единицы» с учетом различных регламентирующих документов, онлайн-цикл лабораторных работ для студентов младших курсов вузов и школьников по изучению прохождения ионизирующего излучения через вещество. Контент в области менеджмента ядерных знаний включает тезаурус, специализированные учебные модули «Менеджмент ядерных знаний» и «Ядерная энергетика как фактор стабильного энергетического развития». Эти модули состоят из видеолекций, лабораторных работ и тестовых заданий к ним. Разработаны оригинальные лекционные курсы «Водно-химический режим», «Радиохимия», «Радиометрия» и др. Выложены в открытый доступ материалы универсального лабораторного комплекса по ядерной физике.

В 2020 г. в разделе «Наука» созданы новые подразделы: «Ведущие научные центры», «Ведущие научные журналы», «Пандемия COVID-19», в которых размещается актуальная информация по данным темам. В 2021 г. добавлены подразделы «Коллайдеры и линейные ускорители», «Лазеры на свободных электронах», «Термоядерный синтез», «Передовые компьютерные технологии». Разработан ознакомительный обзорный онлайн-курс лекций «Нелинейная динамика излучения пучков заряженных частиц в пространственно-периодических структурах». В разделе «Практика» создан подраздел «Международные организации в области ядерной и радиационной безопасности». Кроме того, ежедневно публикуется информация и даются ссылки на важные новости из мира ядерных знаний.

В 2014 г. была разработана достаточно сложная таксономия портала *BelNET*. Также реализован оригинальный инструмент для быстрого перехода к необходимой информации – раздел «Ядерное образование и обучение», ссылки на который находятся в каждом разделе, подразделе и так далее до самого нижнего уровня вложенности структуры портала.

В сентябре 2021 г. на портале *BelNET* создан раздел «Научный архив» (<https://belnet.bsu.by/article/1453>). Он является прототипом специализированной информационной архивной онлайн-системы управления ядерными знаниями – инструмента для быстрой бесплатной свободной публикации в электронном архиве в интернете черновиков статей, предпубликаций, научных отчетов, технической информации и других материалов в области ядерных знаний, в том числе в области атомной энергетики, ядерных исследований и технологий. В будущем эта архивная онлайн-система будет преобразована в белорусский электронный научный архив для свободной публикации материалов в области фундаментальных и прикладных исследований и разработок естественно-научного и социально-гуманитарного профиля.

В перспективе на портале должен быть увеличен объем материалов практической направленности, охватывающих широкий диапазон ядерных знаний, полученных в Республике Беларусь в результате деятельности по ликвидации последствий чернобыльской катастрофы, – от принятия решения о строительстве первой атомной станции, самого строительства до ввода ее в эксплуатацию. Также важны материалы, посвященные источникам ионизирующего излучения, генерирующему оборудованию и т. д.

Большинство материалов портала *BelNET* представлены на русском языке. Цель публикации актуальных мировых новостей в области ядерных знаний, свежих поступлений со ссылками на ведущие мировые научные площадки (сайты МАГАТЭ, ЦЕРН и др.) – проинформировать и заинтересовать читателей передовыми достижениями во всех областях и направлениях ядерных знаний, предоставив им возможность в дальнейшем углубить познания в данных областях на основе оригинальных публикаций.

Все материалы портала общедоступны. Единственное, для выполнения лабораторных заданий предусмотрена свободная регистрация в целях обеспечения учета результатов выполнения тестов к лабораторным работам для конкретного пользователя.

С 2016 г. портал *BelNET* размещен на сервере БГУ (<https://belnet.bsu.by/>). Все это время он функционирует без сбоев и аварийных ситуаций в режиме 24/7.

Количество посещений портала *BelNET*, согласно счетчикам, установленным на портале, за 2021 г. вплотную приблизилось к 150 тыс. Его посещают пользователи из России, Беларуси, Украины, США, Великобритании, Германии, Казахстана, Молдовы, Армении, Турции, Литвы, Чехии, Болгарии и других стран.

## Заключение

ООН [2] и МАГАТЭ [7–11] уделяют огромное внимание менеджменту знаний во всех областях, в том числе в области ядерных знаний.

СУЯЗ в Республике Беларусь в первую очередь должна следовать лучшим образцам менеджмента ядерных знаний (МАГАТЭ, Росатом, портал *Атомная энергия 2.0*), основываясь на требованиях законо-

дательства и тех условиях, которые сложились в стране. Чем активнее предприятия и организации будут взаимодействовать с Госатомнадзором, создавая общую устойчивую среду, тем эффективнее будет работать СУЯЗ.

Опыт по созданию и обеспечению функционирования портала ядерных знаний *BelNET*, разработке системы управления контентом учебно-научного портала *eLab-Science*, обеспечивающей формирование всех необходимых типов материалов на таком портале, подготовке оригинальных материалов в широком диапазоне ядерных знаний (ядерная физика, радиационная химия, прикладные области и др.) используется при создании национального электронного портала ядерных знаний Республики Беларусь под эгидой Госатомнадзора.

Назовем основные принципы работы и дальнейшего развития СУЯЗ в Республике Беларусь:

1. Все программное обеспечение, используемое и разрабатываемое, должно быть основано на СПО и представлено в открытых кодах.
2. В рамках СУЯЗ должны широко использоваться семантические технологии – таксономии и тезаурусы, разработанные в соответствии с рекомендациями МАГАТЭ и лучшими мировыми практиками в области менеджмента ядерных знаний с учетом белорусской истории и специфики в области ядерных знаний, а также на основании опыта создания портала *BelNET*.
3. Создаваемый национальный электронный портал ядерных знаний по возможности должен максимально содержать общедоступные материалы в открытом доступе.
4. К сотрудничеству должны активно привлекаться работники предприятий и организаций, научно-исследовательских институтов и вузов Республики Беларусь под руководством Госатомнадзора.
5. Лучшие практики в области управления ядерными знаниями как в мире, так и в Республике Беларусь должны активно развиваться.

Данная работа выполняется в рамках мероприятия 13 «Выполнение работ по оказанию научно-технической поддержки Министерству по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь в области обеспечения ядерной и радиационной безопасности» подпрограммы 3 «Научное обеспечение эффективной и безопасной работы Белорусской атомной электростанции и перспективных направлений развития атомной энергетики» государственной программы «Наукоемкие технологии и техника» на 2021–2025 гг.

### Библиографические ссылки

1. Rodes JM, Piejut G, Plas E. *Memory of the information society*. Vinson I, Abid A, editors. Paris: Jouve; 2003. 98 p.
2. Dumitriu P. *Knowledge management in the United Nations System*. Geneva: Joint Inspection Unit of the United Nations System; 2016. 74 p.
3. Tiwana A. *Knowledge management toolkit. Practical techniques for building a knowledge management system*. Hoboken: Prentice Hall PTR; 1999. 640 p.
4. Parsons MA, Godøy Ø, LeDrew E, de Bruin TF, Danis B, Tomlinson S, et al. A conceptual framework for managing very diverse data for complex, interdisciplinary science. *Journal of Information Science*. 2011;37(6):555–569. DOI: 10.1177/0165551511412705.
5. Young S. Organization as a total system. *California Management Review*. 1968;10(3):21–32. DOI: 10.2307/41164114.
6. Gorry GA, Scott-Morton MS. A framework for management information systems. *Sloan Management Review*. 1971;13:510–571.
7. *Comparative analysis of methods and tools for nuclear knowledge preservation*. Vienna: International Atomic Energy Agency; 2011. 102 p. (IAEA nuclear energy series; No. NG-T-6.7).
8. *Knowledge management for nuclear research and development organizations*. Vienna: International Atomic Energy Agency; 2012. 72 p. (IAEA tecdoc series; No. 1675).
9. *Managing nuclear safety knowledge: national approaches and experience*. Vienna: International Atomic Energy Agency; 2021. 45 p. (Safety reports series; No. 105).
10. *Computer security for nuclear security*. Vienna: International Atomic Energy Agency; 2021. 86 p. (IAEA nuclear security series; No. 42-G).
11. *Exploring semantic technologies and their application to nuclear knowledge management*. Vienna: International Atomic Energy Agency; 2021. 62 p. (IAEA nuclear energy series; No. NG-T-6.15).
12. Сытова СН, Дунец АП, Коваленко АН, Мазаник АЛ, Сидорович ТП, Черепица СВ. Информационная система *eLab* для аккредитованных испытательных лабораторий. *Информатика*. 2017;3(55):49–61.
13. Sytova S. Information tool for multifarious scientific and practical research. In: Korzhik M, Gektin A, editors. *Engineering of scintillation materials and radiation technologies. Selected articles of ISMART-2018*. Cham: Springer; 2019. p. 281–292 (Springer proceedings in physics; volume 227). DOI: 10.1007/978-3-030-21970-3\_21.
14. Сытова СН, Дунец АП, Коваленко АН, Черепица СВ. Информационная система учета и контроля ядерного материала. *Доклады БГУИР*. 2021;19(4):94–102. DOI: 10.35596/1729-7648-2021-19-4-94-102.
15. Sytova SN. Belarusian software for nuclear knowledge management. *Nuclear Physics and Atomic Energy*. 2021;22(1):104–110. DOI: 10.15407/jnpae2021.01.104.
16. Marka DA, McGowan CL. *SADT: structured analysis and design technique*. New York: McCraw-Hill; 1988. 392 p.

## References

1. Rodes JM, Piejut G, Plas E. *Memory of the information society*. Vinson I, Abid A, editors. Paris: Jouve; 2003. 98 p.
2. Dumitriu P. *Knowledge management in the United Nations System*. Geneva: Joint Inspection Unit of the United Nations System; 2016. 74 p.
3. Tiwana A. *Knowledge management toolkit. Practical techniques for building a knowledge management system*. Hoboken: Prentice Hall PTR; 1999. 640 p.
4. Parsons MA, Godøy Ø, LeDrew E, de Bruin TF, Danis B, Tomlinson S, et al. A conceptual framework for managing very diverse data for complex, interdisciplinary science. *Journal of Information Science*. 2011;37(6):555–569. DOI: 10.1177/0165551511412705.
5. Young S. Organization as a total system. *California Management Review*. 1968;10(3):21–32. DOI: 10.2307/41164114.
6. Gorry GA, Scott-Morton MS. A framework for management information systems. *Sloan Management Review*. 1971;13:510–571.
7. *Comparative analysis of methods and tools for nuclear knowledge preservation*. Vienna: International Atomic Energy Agency; 2011. 102 p. (IAEA nuclear energy series; No. NG-T-6.7).
8. *Knowledge management for nuclear research and development organizations*. Vienna: International Atomic Energy Agency; 2012. 72 p. (IAEA tecdoc series; No. 1675).
9. *Managing nuclear safety knowledge: national approaches and experience*. Vienna: International Atomic Energy Agency; 2021. 45 p. (Safety reports series; No. 105).
10. *Computer security for nuclear security*. Vienna: International Atomic Energy Agency; 2021. 86 p. (IAEA nuclear security series; No. 42-G).
11. *Exploring semantic technologies and their application to nuclear knowledge management*. Vienna: International Atomic Energy Agency; 2021. 62 p. (IAEA nuclear energy series; No. NG-T-6.15).
12. Sytova SN, Dunets AP, Kovalenko AN, Mazanik AL, Sidorovich TP, Charapitsa SV. Information system *eLab* for accredited testing laboratories. *Informatika*. 2017;3(55):49–61. Russian.
13. Sytova S. Information tool for multifarious scientific and practical research. In: Korzhik M, Gektin A, editors. *Engineering of scintillation materials and radiation technologies. Selected articles of ISMART-2018*. Cham: Springer; 2019. p. 281–292 (Springer proceedings in physics; volume 227). DOI: 10.1007/978-3-030-21970-3\_21.
14. Sytova SN, Dunets AP, Kavalenka AN, Charapitsa SV. Information system for nuclear material accounting and control. *Doklady BGUIR*. 2021;19(4):94–102. Russian. DOI: 10.35596/1729-7648-2021-19-4-94-102.
15. Sytova SN. Belarusian software for nuclear knowledge management. *Nuclear Physics and Atomic Energy*. 2021;22(1):104–110. DOI: 10.15407/jnpae2021.01.104.
16. Marka DA, McGowan CL. *SADT: structured analysis and design technique*. New York: McGraw-Hill; 1988. 392 p.

Получена 18.04.2022 / исправлена 20.04.2022 / принята 06.05.2022.  
Received 18.04.2022 / revised 20.04.2022 / accepted 06.05.2022.