

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
«ИНСТИТУТ ЯДЕРНЫХ ПРОБЛЕМ»  
БЕЛОРУССКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО УНИВЕРСИТЕТА



## ЭЛЕКТРОННАЯ СИСТЕМА УЧЕТА ЯДЕРНОГО МАТЕРИАЛА

### Краткое описание

Минск 2019

## **1. Область применения**

Электронная система учета ядерного материала (далее – система) позволяет в полном соответствии с требованиями МАГАТЭ (Типовой код 10) вести учет и отчетность по ядерному материалу в рамках зоны баланса материала (ЗБМ) эксплуатирующей организации с формированием требуемых МАГАТЭ отчетных документов. Система содержит описание структуры ЗБМ и инфраструктуры объектов, характеризующих расположение ядерного материала (ЯМ), в частности, ключевых точек измерения (КТИ), а также зданий КТИ, помещений, стеллажей и т.д.

Система основана на Модуле учета и контроля ядерных материалов, радиоактивных отходов и отработавшего ядерного материала, который внедрен в Департаменте по ядерной и радиационной безопасности Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь (Госатомнадзор) и обеспечивает автоматизацию хранения информации, связанной с осуществлением Госатомнадзором функций по учету, контролю и надзору в соответствии с международными обязательствами Республики Беларусь за оборотом и использованием ядерных материалов, радиоактивных отходов (РАО) и отработавшего ядерного материала (ОЯТ), лицензированием деятельности в области использования ЯМ, разрешительной деятельностью, учетом ЯМ вне ядерных установок.

Основные задачи в области учета и контроля ЯМ, ОЯТ и РАО:

- своевременное определение количеств таких веществ;
- составление, регистрация и ведение учетных и отчетных документов;
- контроль санкционированного размещения и перемещения ЯМ, ОЯТ и РАО;
- контроль доступа к таким веществам.

Система по виду автоматизируемой деятельности относится к системам управления, сбора, хранения, обработки и передачи информации.

Основными документами, генерируемыми в модуле, являются:

- отчет о фактически наличном количестве материала (PIL);
- отчет об изменениях инвентарного количества материала (ICR);
- материально-балансовый отчет (MBR);
- текстовый отчет (TR);
- главный журнал учета (General Ledger).

Формы отчетных документов, ввод/вывод которых осуществляется в системе, зафиксированы в Типовом коде 10 с использованием меток. Также возможен ввод/вывод данных в форме фиксированного кода 10.

Функциональность формирования отчетов позволяет расширить номенклатуру отчетных материалов, генерируемых в системе.

## **2. Краткое описание возможностей**

Предлагаемая система является электронной системой клиент-серверной архитектуры, разработанной на основе свободного ПО: Debian GNU/Linux, Web-server Apache, сервер баз данных Firebird с использованием сервера приложений PHP. Система работает под управлением операционных систем Windows и Linux через Web-интерфейс в многопользовательском режиме с разделением прав доступа посредством распространённых браузеров Mozilla Firefox, Google Chrome, Chromium.

Система может быть развернута на виртуальном сервере либо изолированном компьютере.

Работа в системе выполняется сотрудниками организации в соответствии с их должностными инструкциями. Персонал должен иметь простейшие навыки работы с компьютером, офисными приложениями и браузером, владеть общими навыками работы с Web-интерфейсом.

Система содержит журналы и справочники (небольшие журналы), используемые для упрощения ввода однотипных данных.

Система позволяет импортировать готовые данные (отчеты) как в формате фиксированного кода 10, так и маркированного кода 10, а также экспортировать данные (импортированные ранее либо сформированные непосредственно в системе) в отчеты в обоих форматах. Таким образом, система позволяет конвертировать отчетные данные из фиксированного кода 10 в маркированный и наоборот.

Все числовые данные выводятся в системе с 3 знаками после запятой.

### **3. Общее описание процесса учета ЯМ**

Структура раздела по учету ЯМ:

1. ЗБМ
  - 1.1. Партии ЯМ
  - 1.2. Изменение инвентарного количества ЯМ
    - 1.2.1. Архив изменений инвентарного количества ЯМ
  - 1.3. Общая информация об учетных отчетах
    - 1.3.1. Отчет об изменениях инвентарного количества материала
    - 1.3.2. Отчет о фактически наличном количестве материала
    - 1.3.3. Текстовый отчет
    - 1.3.4. Материально-балансовый отчет
  - 1.4. Главный журнал учета (General Ledger) - Результаты расчета
  - 1.5. Расчет данных для отчета о фактически наличном количестве материала

Процедура формирования журналов ICR, PIL, MBR, General Ledger, текстовых отчетов определяется на основе партий ЯМ.

В системе заложен следующий алгоритм формирования записей в БД по учету ЯМ и формирования на этой основе отчетных документов.

1. В журнале «Партии ЯМ» следует сформировать на основе данных, имеющихся в организации, записи для каждой партии по следующим полям данных: Код КТИ, Наименование партии, Описание материала (4 символа), Основные радионуклиды, Код изотопа, Примечания.
2. В журнале «Изменение инвентарного количества ЯМ» формируются данные об изменении инвентарного количества на основе партий по следующим полям: Продолжение, Дата инвентарных изменений, ЗБМ/ Страна – Из, ЗБМ/ Страна – В, Тип инвентарных изменений, Код КТИ, Название или номер партии, Число единиц в партии, Описание ядерного материала, Учетные данные – Элемент, Учетные данные – Масса элемента, Учетные данные – Единицы измерения, Учетные данные – Масса делящегося изотопа (только для урана), Учетные данные – Код изотопа, База измерений, Исправление к отчету №, Исправление к записи №. С целью упрощения работы в системе данные каждой партии после ее выбора из

раскрывающегося списка автоматически подгружаются в запись. Видно, что все перечисленные поля соответствуют полям отчета ICR по типовому коду 10.

3. На основе «необработанных» данных журнала «Изменение инвентарного количества ЯМ» автоматически может быть сформирован отчет ICR. Для этого в журнале «Общая информация об учетных отчетах» следует сформировать запись («шапку») отчета ICR, задав тип отчета – ICR, даты отчета, ФИО составителя отчета и др. поля (см п. 5 ниже) по желанию пользователя. После сохранения этой записи отчет ICR автоматически формируется в журнале «Отчет об изменениях инвентарного количества материала».
4. После отправки отчета ICR в МАГАТЭ все данные автоматически попадают в архив – журнал «Данные отчетов об изменении инвентарного количества ЯМ». В дальнейшем эти данные изменению не подлежат – только корректировке в соответствии с процедурами МАГАТЭ.
5. Журнал «Общая информация об учетных отчетах» должен быть заполнен для каждого отчета, который генерируется в системе, со следующими полями: Зона баланса материалов, Тип отчета, Номер отчета, Дата начала, Дата окончания, ФИО составителя, Количество страниц, Дата представления, Пояснительная записка к учетным отчетам, Примечания.
6. Записи журнала «Отчеты о фактически наличном количестве материала» формируются на основании данных физической инвентаризации по следующим полям, которые соответствуют полям типового кода 10: Номер отчета, Запись №, Продолжение, Код КТИ, Название или номер партии, Количество единиц в партии, Описание материала, Основные радионуклиды, Масса элемента, Единицы измерения (кг, г), Масса делящегося изотопа (только для урана), Код изотопа, База измерений, Пояснительная записка, Статус ввода, Исправление к отчету №, Исправление к записи №, Пояснительная записка к записи.
7. Журнал «Материально-балансовый отчет» содержит следующие поля для ввода: Запись №, Продолжение, Название, Основные радионуклиды, Масса элемента, Единицы измерения (кг, г), Масса делящегося изотопа (только для урана), Код изотопа, Пояснительная записка, Статус ввода, Исправление к отчету №, Исправление к записи №, Пояснительная записка к записи. Наличие данных полей определяется содержанием отчета MBR по типовому коду 10.
8. Журнал «Главный журнал учета (General Ledger) – Результаты расчета» для каждого элемента автоматически рассчитывается на основании данных отчетов ICR, PIL, MBR, выдавая данные в следующие поля: Номер отчета, Номер строки, Дата, Ссылка на документ, Вид изменения инвентарного количества ЯМ, Единицы измерения (кг, г), Основные радионуклиды, Кол-во УЕ, Прибавления, Уменьшения, Текущее инвентарное количество (баланс), Прибавления изотопа, Уменьшения изотопа, Масса делящегося изотопа (только для урана), Итого: Кол-во УЕ. Последняя строка в журнале содержит итоговые данные. В случае необходимости пересчитать данные General Ledger следует очистить штатными средствами системы данный журнал.

Сверху над журналом находится селектор (раскрывающийся список), позволяющий отфильтровать данные для конкретного элемента. В случае элементов D, N, P, T, U в колонке «Масса делящегося изотопа (только для урана)» будут стоять нулевые значения, а колонки «Прибавления изотопа», «Уменьшения изотопа» будут пустыми.

Для вывода данных в файл в случае элементов D, N, P, T, U следует выбирать шаблон «General Ledger - Главный журнал учета», который не содержит колонок с информацией для изотопа и файл – «General Ledger Template One Page With Isotope» в случае элемента E.

9. В системе может быть сформирован текстовый отчет в соответствующем журнале со следующими полями: Номер записи, Зона баланса материалов, Тип ссылки, Отчет, на который идет ссылка, Запись, на которую идет ссылка, Текст (не более 2000 символов латинского алфавита). Также может быть сформирована пояснительная записка (CN – Concise Note) в соответствии с фиксированным кодом 10, содержащая в каждой строке (записи) не более 67 символов информации.
10. Предварительный расчет данных для отчета о фактически наличном количестве материала может быть проведен по журналу «Расчет данных для отчета о фактически наличном количестве материала», в котором автоматически на основании данных отчета ICR формируются следующие данные отчета: Запись №, Продолжение, Код КТИ, Название или номер партии, Количество единиц в партии, Описание материала, Основные радионуклиды, Масса элемента, Единицы измерения (кг, г), Масса делящегося изотопа (только для урана), Код изотопа, База измерений.
11. В системе реализован процесс корректировки записи в соответствии с правилами МАГАТЭ. Для этого пользователь должен создать соответствующую запись в журнале «Отчет об изменениях инвентарного количества материала» с символом 'С' в колонке «Статус ввода» (как это зафиксировано в маркированном коде 10), если необходимо заменить запись или 'D', если необходимо удалить запись, или 'A' для ввода, который должен быть добавлен в предыдущий отчет, и указать в поле «Исправление к отчету №» к какому отчету и в поле «Исправление к записи №» – к какой строке соответствующее исправление относится. Запись, на которую повлияет корректировка, будет выделена жирным шрифтом. В генерируемых отчетах по шаблонам такое выделение отсутствует. Совместимость старых данных в фиксированном коде 10 с данными в маркированном коде 10 осуществляется по колонке «Продолжение» с 'A', означающим удаление записи — и одновременно символ 'D' в колонке «Статус ввода». Корректировки в фиксированном коде 10 обозначаются в колонках «Исправление к отчету №» и «Исправление к записи №». В маркированном коде 10 к значениям в этих колонках появляются дополнительные символы 'С' или 'A' в колонке «Статус ввода».
12. Для совместимости данных по фиксированному и маркированному коду 10 в части поля «Пояснительная записка» в данном поле при наличии такой записи вводится значение 'X' из раскрывающегося списка, либо оно импортируется из данных в формате фиксированного кода 10. При генерации отчета в маркированном коде 10 данное поле преобразуется в метку следующего формата: 099:E/номер строки записи, в которой стояло значение 'X'#. Также в поле «Пояснительная записка к записи» следует ввести сам текст данной записки.

Сверху над большей частью журналов находятся селекторы – раскрывающиеся списки, в которых для удобства пользователей, в том числе для уменьшения объема данных, выводимых на экран, следует выбирать необходимые параметры.

Для удобства работы во всех раскрывающихся списках предлагаются к выбору только отчеты, относящиеся к данному типу отчетов данной ЗБМ.

Общий вид системы приведен на рисунке 1.

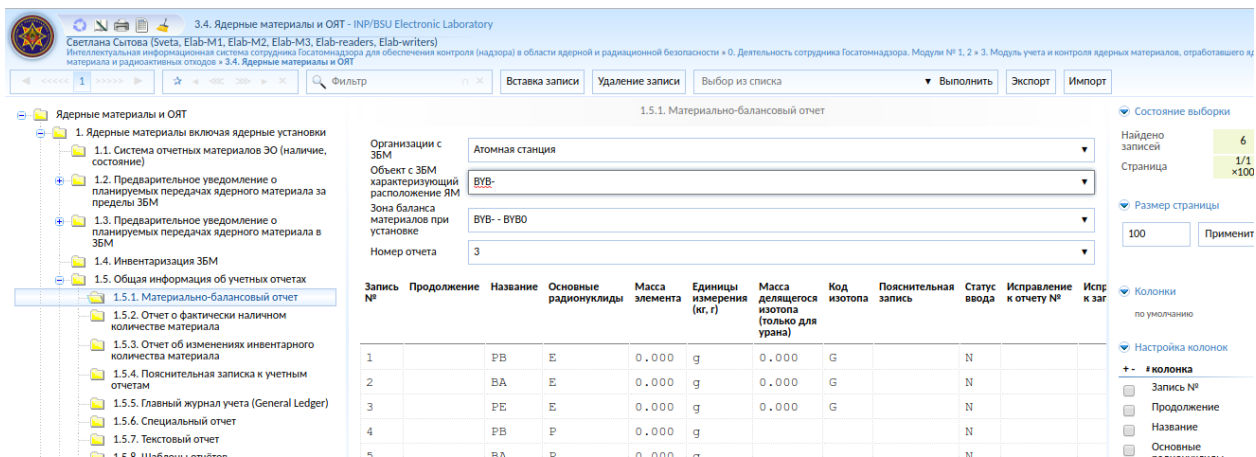


Рисунок 1 – Журнал «Материально-балансовый отчет». Пример

В системе имеются следующие справочники (см. рисунок 2), содержащие всю необходимую информацию для учета ЯМ в соответствии с Типовым кодом 10.

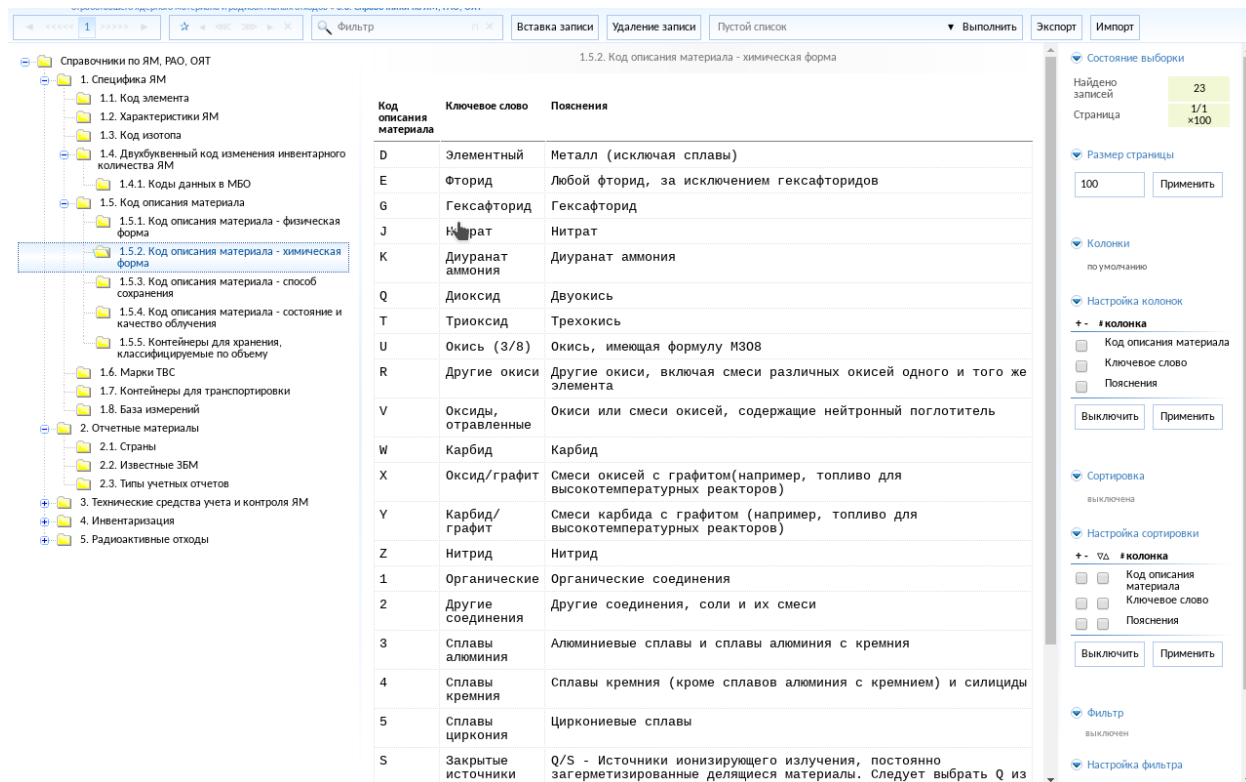


Рисунок 2 – Структура справочников

«Специфика ЯМ» включает:

- Код элемента;
- Характеристики ЯМ;
- Код изотопа;
- Двухбуквенный код изменения инвентарного количества ЯМ;
- Коды данных в МБО;
- Код описания материала;

Код описания материала – физическая форма;  
Код описания материала – химическая форма;  
Код описания материала – способ сохранения;  
Код описания материала – состояние и качество облучения;  
Контейнеры для хранения, классифицируемые по объему;

- Марки ТВС;
- Контейнеры для транспортировки;
- База измерений.

«Отчетные материалы» состоят из справочников:

- Страны;
- Известные ЗБМ;
- Типы учетных отчетов.

«Технические средства учета и контроля ЯМ» содержит следующие справочники:

- Типы устройств индикации вмешательства;
- Модели устройств индикации вмешательства;
- Типы технических средств учета и контроля ЯМ;
- Модели технических средств учета и контроля ЯМ.

«Инвентаризация» содержит следующие справочники:

- Эффективный килограмм;
- Тип физической инвентаризации;
- Основания внеплановой инвентаризации;
- Пороговое количество ЯМ для обнаружения их недостачи (излишка);
- Вероятность обнаружения недостачи (излишка) порогового количества ЯМ для расчета объема выборки подтверждающих измерений при отсутствии показаний приборов;
- Значительные изменения в документации о конструкции;
- Признаки выявления аномалии.

Также имеются справочники: «КТИ» и «Шаблоны отчетов».

Пользователям важно аккуратно заполнить справочник «КТИ» по всем КТИ ЗБМ со следующими полями: Зона баланса, Код КТИ, Тип КТИ (КТИ измерения потока или КТИ измерения инвентарного количества), Описание, Присоединенные файлы.

#### **4. Основные принципы работы с отчетными материалами (ввод/вывод в стандартные формы МАГАТЭ в фиксированном и маркированном коде 10)**

Импорт текстовых файлов формата Labeled code 10 – маркированного кода 10 производится только, если есть описание импорта в разделе редактора соответствующего набора данных (аналогично импорту файлов Excel). Импортируемый текстовый файл должен иметь расширение .text10.

Вывод в файл формата маркированного кода 10 осуществляется в соответствии с принципами, разработанными для этого по шаблонам фиксированного кода 10. В этом случае файл шаблона имеет расширение .text10 и состоит из одной текстовой строки следующего вида:

001:OI:BY;\$(RPT\_NUM)#002:\$(RECORD\_NUM)/\$(REC\_COUNT)#003:\$(DT\_SUBMIT)#006:\$(AUTHOR)#010:И#015:\$(RPT\_FROM)/\$(RPT\_END)#\$(EXPLAN\_CODE10)207:\$(LNAME)#307:\$(INFRASTRUCTURE\_NAME)#309:\$(IMP\_STATUS\_TEXT)#370:\$(ЗБМ/ Страна - Из)#372:\$(ЗБМ/ Страна - В)#\$(EXPLANATION\_REC\_CODE10)407:\$(Код КТИ)#411:\$(Тип инвентарных изменений)#412:\$(Дата инвентарных изменений)#430:\$(NMAT\_ICR\_MATERIAL\_NAME\_CODE10)#446:\$(Название или номер партии)#469:\$(База измерений)#470:\$(Число единиц в партии)#\$(ELEM\_C10)\$(ISOT\_C10)

Рисунок 3 – Шаблон файла отчета ICR в маркированном коде 10

Здесь круглыми скобками после символа '\$' обернуты имена выводимых колонок в БД (англ. буквы), либо их русские подписи в интерфейсе пользователя.

Результат вывода отчета ICR в файл маркированного кода 10 приведен на рисунке 4.

001:OI:BY;2#002:1/4#003:20190409#006:BELKOVSKAYA, ВВ#010:И#015:20190201/20190301#207:BY-#307:BYB0#309:Н#370:З#372:BY/BYB0#407:1#411:RF#412:20190205#430:В/И/2/F#446:N4372 15459#469:Н#470:1#630:469940.000G#670:20490.000G#001:OI:BY;2#002:2/4#003:20190409#006:BELKOVSKAYA, ВВ#010:И#015:20190201/20190301#207:BY-#307:BYB0#309:Н#370:З#372:BY/BYB0#407:1#411:RF#412:20190205#430:В/И/2/F#446:N4372 15462#469:Н#470:1#630:470211.000G#670:20502.300G#001:OI:BY;2#002:3/4#003:20190409#006:BELKOVSKAYA, ВВ#010:И#015:20190201/20190301#207:BY-#307:BYB0#309:Н#370:З#372:BY/BYB0#407:1#411:RF#412:20190205#430:В/И/2/F#446:N2400 15361#469:Н#470:1#630:469160.000G#670:11277.600G#001:OI:BY;2#002:4/4#003:20190409#006:BELKOVSKAYA, ВВ#010:И#015:20190201/20190301#207:BY-#307:BYB0#309:Н#370:З#372:BY/BYB0#407:1#411:RF#412:20190205#430:В/И/2/F#446:N2400 15362#469:Н#470:1#630:469068.000G#670:11275.500G#

Рисунок 4 – Сгенерированный отчет ICR в маркированном коде 10

PHYSICAL INVENTORY LISTING (PIL) FORM R,02/c (QCVS)															
COUNTRY		BY		DATE		840307		REPORT NO.		32		PAGE NO., ..... OF ....., PAGES		SIGNATURE:	
FACILITY		BYE-		MATERIAL BALANCE AREA		BY-E		1		4					
ENTRY NO.	CONTINUATION	KMP CODE	NAME OR NUMBER OF BATCH	NUMBER OF ITEMS IN BATCH	MATERIAL DESCRIPTION	ELEMENT	WEIGHT OF ELEMENT	UNIT kg/g	WEIGHT OF FISSILE ISOTOPES (URANIUM ONLY) (G)	ISOTOPE CODE	MEASUR.BASIS	CONCISE NOTI	REPORT NO.	ENTRY NO.	
1		A	SCE191	1	TQ3G	E	75.20	g	53.18	G L				5	
2		A	SCE291	1	TQ3G	E	14.82	g	4.34	G L				5	
3		A	SCE391	1	TQ3G	E	16.90	g	6.1	G L				5	
4		A	SCE491	1	TQ3G	E	21.85	g	1.4	G L				5	
5		A	SCE591	1	TQ3G	E	6.70	g	2.03	G L				5	
6		A	SCE891	1	TQ3G	E	42.72	g	22.45	G L				5	

Рисунок 5 – Сгенерированный отчет PIL в фиксированном коде 10

Следует отметить, что метки с пустыми значениями не выводятся. Поэтому следует внимательно относиться к заполнению общей информации об отчетах. Если, например, не будет задано ФИО составителя, то метка 006 будет отсутствовать в сгенерированном отчете.

На рисунке 5 приведен результат генерации отчета PIL по шаблону отчета PIL в формате фиксированного кода 10.

Шаблоны отчетов сформированы разработчиками и содержат все шаблоны отчетов для их генерации по типовому коду 10 (фиксированному и маркированному). Пользователь может внести в данный раздел дополнительные шаблоны отчетов. Принципы разработки таких шаблонов описаны в «Общем руководстве пользователя». В системе имеются следующие шаблоны:

- 1) MBR template labeled code 10 – отчет MBR в формате маркированного кода 10;
- 2) MBR template – отчет MBR в формате фиксированного кода 10;
- 3) PIL template – отчет PIL в формате фиксированного кода 10;
- 4) PIL template labeled code 10 – отчет PIL в формате маркированного кода 10;
- 5) ICR template – отчет ICR в формате фиксированного кода 10;



- 6) Text report template labeled code 10 – текстовый отчет в формате маркированного кода 10;
- 7) CN template – текстовый отчет в формате фиксированного кода 10;
- 8) General Ledger Template One Page With Isotope – Главный журнал учета с учетом изотопа;
- 9) ICR template labeled code 10– отчет ICR в формате маркированного кода 10;
- 10) General Ledger - Главный журнал учета.

При необходимости передачи в МАГАТЭ либо в атомный регулятор имена и типы файлов могут быть переименованы в соответствии с договоренностями с МАГАТЭ, а также несколько файлов объединены в один.