

ОБЩАЯ КОНЦЕПЦИЯ ПО ОБРАЩЕНИЮ С РАО ЯДЕРНОГО НАСЛЕДИЯ В СЕВЕРО-ЗАПАДНОМ РЕГИОНЕ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

А.О. Пименов, ФГУП «НИКИЭТ имени Н.А. Доллежала»

1. Введение.

В Северо-Западном регионе России сосредоточено значительное количество потенциальных источников радиоактивных отходов, объектов, подлежащих экологической реабилитации. Такими объектами являются пункты базирования атомного флота, судоремонтные предприятия промышленности и Военно-Морского Флота, ПДХ РО «Сайда», а также пункты временного хранения ОЯТ и РАО в губе Андреева и п. Гремиха, переданные в ведение Росатома от Министерства обороны для их экологической реабилитации.

В регионе находятся Кольская АЭС и специализированное предприятие «Радон», на которых также осуществляется обращение с радиоактивными отходами, но эти работы проводятся в рамках других федеральных программ, и в настоящее время не учитываются при реализации мероприятий программы Глобального партнерства.

2. Характеристика проблемы

Для того чтобы наметить пути решения проблемы обращения с РАО в Северо-Западном регионе, прежде всего необходимо определить текущее состояние проблемы и конечные цели работ.

Общее количество РАО определяется отходами, накопленными на настоящий момент, и образующимися при проведении работ по утилизации атомных подводных лодок (АПЛ) и надводных кораблей с ядерными энергетическими установками (НК с ЯЭУ), а впоследствии и их реакторных отсеков, судов атомного технологического обслуживания (судов АТО), а также экологической реабилитации ядерных и радиационно-опасных объектов.

Прогнозная оценка объемов образования РАО с учетом уже накопленных на объектах, т.е. объемов РАО, с которым предстоит работать, проведена Росатомом с привлечением подведомственных организаций, а также при разработке второго этапа Стратегического мастер-плана (СМП-2). С учетом планируемого компактирования отходов, перевода из категории в категорию, возврата части металла в хозяйственный оборот этот объем составляет около 100 000 м³.

В рамках ранее проведенных работ, в том числе и при разработке СМП-2, определено ориентировочное количество радиоактивных отходов по категориям, накопленных на каждом из указанных объектов. Уточнение и актуализация полученных данных проводится на постоянной основе в рамках текущей деятельности Росатома. Ори-

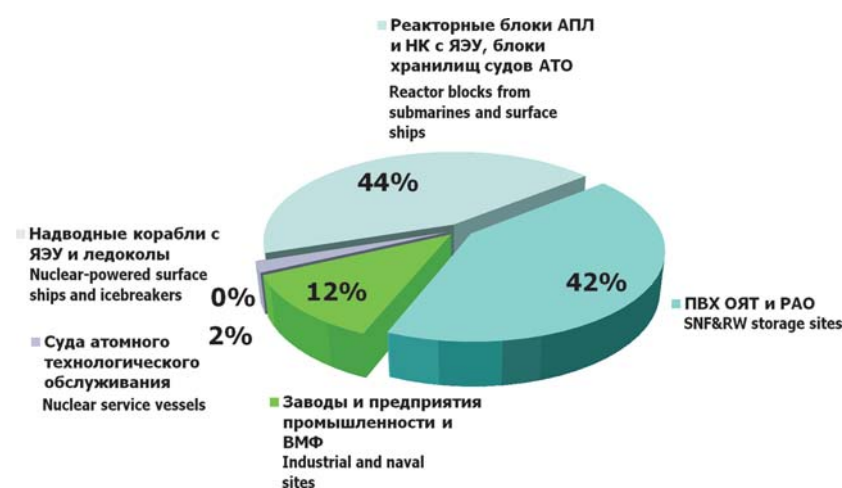


Рис. 1. Соотношение накопленных радиоактивных отходов по источникам образования
Fig. 1. Distribution of accumulated radioactive waste by sources

GENERAL CONCEPT FOR MANAGEMENT OF THE NUCLEAR LEGACY WASTE IN THE NORTH-WEST REGION OF RUSSIA

A.O. Pimenov, NIKIET, Russia

1. Introduction

The North-West of Russia is known to have many potential sources of radioactive waste as well as sites in need of environmental remediation. There are naval bases, shipyards, Saida RW storage site, and the temporary SNF and RW storage sites at Andreeva Bay and Gremikha, which were handed over by the Ministry of Defence to Rosatom for remediation.

Kola NPP and the Rodon Company, located in this region, carry out operations with radioactive waste but under other Federal programmes and are currently left out of consideration in implementing the G8 Global Partnership Programme.

2. Problem description

In order to decide the ways of resolving the RW management problem, it is first necessary to understand what we have to deal with, the whole problem as it stands today, and the final objectives of the work.

The total RW volume to be handled in the region is determined by the waste accumulated to date being generated by dismantling nuclear-powered submarines and surface ships, dismantling of their reactor compartments in future and the nuclear service ships, as well as the remediation of sites of nuclear and radiation hazards.

The volume of future waste was estimated by Rosatom and its subordinated organizations as well as in the SMP-2 development; added to the volumes already accumulated on the sites, it makes the total volume of about 100 000 м³ to be dealt with, taking into account the planned waste compaction, changes of waste categories, and partial reuse of metal.

Previous efforts, including SMP-2 development, brought tentative site-specific quantification of the accumulated RW by categories. The results obtained are being updated on a regular basis as part of the routine activities of Rosatom. Figures 2 and 3 present the percentages of solid radioactive waste (SRW) accumulated by this day and expected to be generated by different sources.

It is tentatively estimated that the total SRW volume comprises about 83 % of low-level waste (below 10³ kBq/kg),

15.5 % of intermediate-level waste (from 10³ to 10⁷ kBq/kg) and 1.5 % of high-level waste (over 10⁷ kBq/kg). In terms of composition SRW kept at the on-shore service bases and shipyards includes about 65 % of metal, about 35 % of compactible SRW, 30 % is accounted for by combustible waste. The relative RW volumes accumulated in the region are presented in Figures 4 and 5 according to the activity categories.

The maximum specific activity does not exceed the level of 10⁹ Bq/kg. The waste contains mostly radionuclides with a half-life up to 30 years, with the greatest activity coming from Cs-137 and Sr-90. The volume of long-lived radionuclides present in the waste is such that their contribution to activity is limited to 10⁴-10⁵ Bq/kg, which means that there is no need for any additional criteria in RW categorization in accordance with the current Russian regulations.

The final goals of RW management in the North-West of Russia may be defined as follows:

1. To establish an efficient system of RW management in the region;
2. To phase out the environmentally hazardous temporary RW storage facilities in the region and to restore the contaminated sites to their normal condition;
3. To set up a regional centre for long-term RW storage.

The Russian regulatory framework as it stands today is adequate to the purpose of ensuring radiation safety during operations and is consistent with the international standards.

The current regulatory documents defining the procedures for setting up storage facilities and sites for disposal of various RW, point out that all the engineering solutions should be developed and justified with regard to the RW characteristics and natural conditions on the site under consideration.

The Russian and foreign approaches to RW management and disposal are rather similar, including the recommended characteristics of radionuclides in the waste proposed for disposal in subsurface storage facilities.

The Russian regulatory framework for RW management is undergoing improvements aimed, among other things, at further convergence with the international approaches. Consideration is being given to the possibility of step-by-

ентировочное процентное соотношение накопленных в настоящее время и планируемых к образованию твердых радиоактивных отходов по источникам образования показано на рис. 1 и 2.

В общем объеме ТРО следует принимать около 83% низкоактивных ТРО (менее 10^3 кБк/кг), 15,5% среднеактивных (от 10^3 до 10^7 кБк/кг) и 1,5% высокоактивных (более 10^7 кБк/кг). В составе хранящихся на береговых базах и заводах ТРО около 65% металлических ТРО, около 35% прессуемых, горючих и негорючих ТРО, из которых около 30% горючих. Количество накопленных в регионе РАО по категориям показано на рис. 3 и 4.

Максимальный уровень удельной активности РАО не превышает 10^9 Бк/кг. В отходах в основном содержатся радионуклиды с периодом полураспада до 30 лет, из которых основную долю по активности составляют радионуклиды ^{137}Cs и ^{90}Sr . Долгоживущие радионуклиды присутствуют в количествах, не превышающих 10^4 – 10^5 Бк/кг, что не требует введения дополнительных критериев при категорировании РАО в соответствии с действующими в Российской Федерации нормативными актами.

Конечные цели обращения с РАО на Северо-Западе России могут быть сформулированы следующим образом:

- 1) создание в регионе эффективной системы обращения с радиоактивными отходами;
- 2) сокращение количества и ликвидация экологически опасных временных хранилищ РАО на предприятиях и объектах региона, реабилитация радиационно-загрязненных территорий;
- 3) организация централизованного долговременного хранения РАО в региональном центре.

Современное состояние нормативной базы Российской Федерации обеспечивает радиационную безопасность при проведении работ и не противоречит международным нормам.

В существующих нормативных документах, регламентирующих процедуры создания пунктов хранения и захоронения различных видов РАО, указано, что все технические решения должны определяться и обосновываться с учетом характеристик РАО и природных условий на участке размещения объекта.

Российские и зарубежные подходы к обращению и захоронению РАО не противоречат друг другу, в том числе по рекомендуемым характеристикам радионуклидов для захоронения РАО в приповерхностных условиях.

В настоящее время в России проводится совершенствование нормативной базы по обращению с РАО, в том числе в направлении дальнейшего сближения с международными подходами. Рассматривается возможность и реализуются предварительные мероприятия для поэтапного введения категории «очень низкоактивные отходы» – аналога категории VLLW (very low-level waste) – радиоактивные отходы с очень низкой удельной активностью.

3. Пути и основные этапы концепции обращения с РАО

С данных позиций целесообразно определить пути и основные технологические этапы обращения с радиоактивными отходами в целом. Такими укрупненными этапами являются: сбор–сортировка–компактирование (для твердых радиоактивных отходов), сбор–переработка–омоноличивание (для жидких радиоактивных отходов), упаковка–хранение–захоронение. Последовательность и взаимосвязь технологических этапов показаны на рис. 5.

В ходе выполнения данных работ, безусловно, потребуется транспортирование отходов и обращение с крупногабаритным неразборным оборудованием. При проведении дезактивации часть материалов возвратится в хозяйственный оборот, часть изменит принадлежность к той или иной категории, т.е. в целом при дезактивации, компактировании и переработке будет наблюдаться сокращение исходных объемов РАО.

Следующим этапом определения исходных параметров является уточнение технологических операций для основных категорий РАО с учетом способов и методов обращения с ними.

Для ТРО такими категориями будут являться:

- высокоактивные ТРО;
- средне- и низкоактивные ТРО;
- очень низкоактивные ТРО (после введения данной категории РАО).

Для ЖРО такими категориями будут являться:

- высокоактивные ЖРО;
- средне- и низкоактивные ЖРО;
- ЖРО сложного химического состава.

С учетом определенности способов обращения с ЖРО можно сократить данный перечень и представить основные исходные категории РАО по способам обращения, требующим учета в общей концепции обращения с РАО в регионе. Такими категориями являются:

- высокоактивные ТРО;
- средне- и низкоактивные ТРО;
- очень низкоактивные ТРО (после введения данной категории РАО);
- жидкие РАО.

Важным этапом и конечной точкой процесса обращения с РАО являются их локализация и захоронение без намерений последующего извлечения в специально подготовленных могильниках и прежде всего в геологических формациях. При этом должна использоваться многобарьерная система подземной изоляции РАО, включающая естественные (геологические) и искусственные (инженерные) барьеры. В данном направлении ведущими научными организациями проведен большой комплекс работ, особое место среди которых занимают работы ВНИПИпромтехнологии, Кольского научного центра и Горного института.

В этих работах сформулированы основополагающие принципы обеспечения надежной и безопасной изоляции

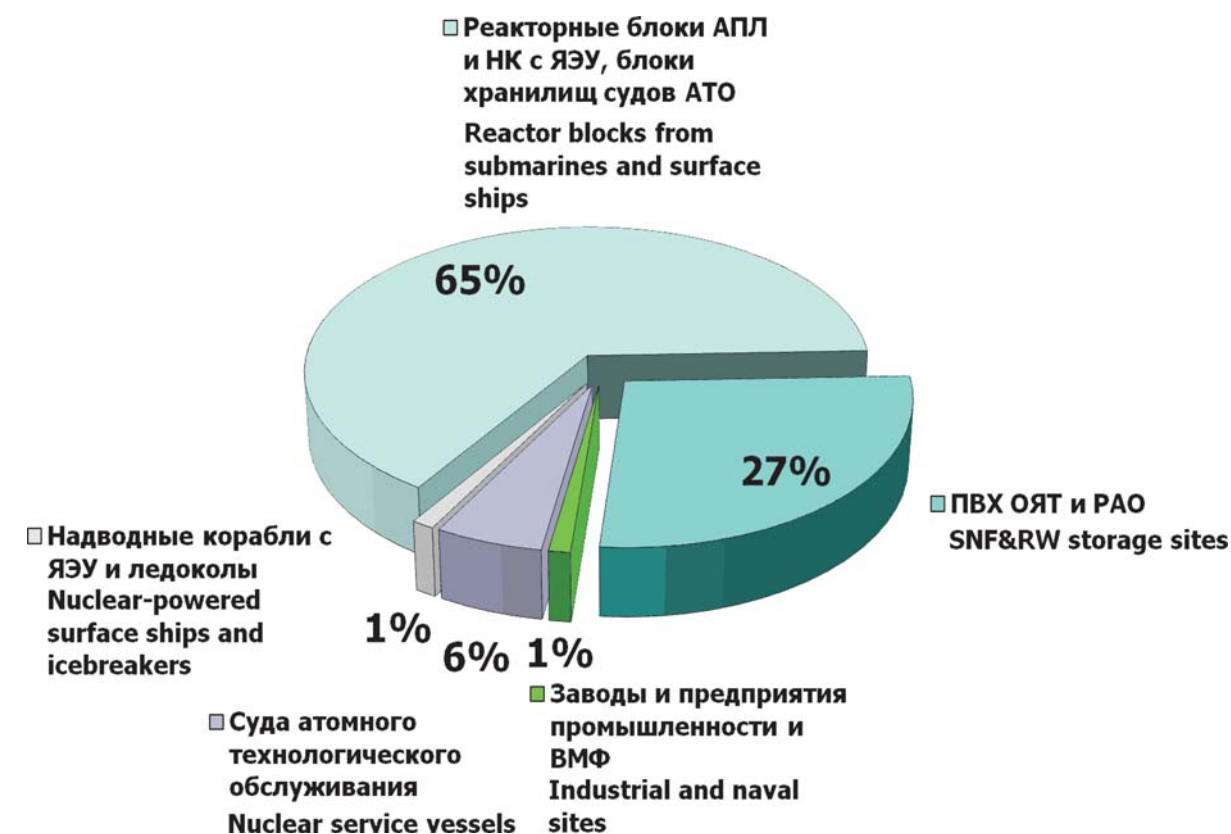


Рис. 2. Соотношение планируемых к образованию РАО по источникам образования
Fig. 2. Distribution of Future Radioactive Waste by Sources



Рис. 3. Соотношение накопленных твердых РАО по категориям
Fig. 3. Distribution of Accumulated SRW by Categories



Рис. 4. Соотношение накопленных жидких РАО по категориям
Fig. 4. Distribution of accumulated LRW by categories

РАО в геологических формациях: ответственность перед будущими поколениями и радиационная безопасность. Данные принципы соответствуют принципам безопасности и техническим критериям, разработанным МАГАТЭ. В настоящее время общепризнанно, что наиболее надежным и безопасным является удаление РАО в геологические формации, глубинное захоронение. Породный массив представляется в данном случае важнейшим барьером безопасности.

Вместе с тем образование РАО, подлежащих захоронению, необходимо удерживать на минимальном практически достижимом уровне, причем их характеристики должны соответствовать нормам и правилам в области использования атомной энергии и обращения с РАО, действующим в Российской Федерации.

Важное место в данном процессе занимают разработка и внедрение критериев приемлемости радиоактивных отходов, т. е. критериев качества РАО, которым они должны отвечать после сбора, переработки, хранения и кондиционирования для длительного хранения и захоронения. Разработка указанных критериев предусмотрена нормативными документами Российской Федерации, и в настоящее время ведется для объектов обращения с РАО в Северо-Западном регионе.

В период транспортирования и хранения РАО должна быть обеспечена структурная стабильность формы РАО, определяемая совокупностью основных физических и химических характеристик. Форма РАО должна обладать достаточными прочностными характеристиками, чтобы выдерживать нагрузки, возникающие на различных этапах обращения с РАО, и сохранять геометрические размеры. Форма РАО должна быть устойчивой к любым химическим, биологическим, радиационным и тепловым воздействиям, наличие которых разумно предположить.

При установлении критериев приемлемости кондиционированных РАО для их хранения и захоронения следует учитывать основные характеристики РАО:

- суммарную активность упаковки РАО, удельную активность РАО и радионуклидный состав РАО;
- мощность эквивалентной дозы;
- поверхностное загрязнение;
- структурную стабильность формы РАО;
- радиационную стойкость,

а также иные свойства, определяемые действующими нормативными документами.

Упаковки РАО, содержащие взрывоопасные и (или) самовозгорающиеся вещества, не могут быть приняты на хранение и захоронение. Содержание ядовитых веществ, химически токсичных веществ, патогенных и инфекционных материалов в упаковке РАО должно быть известно с достаточной степенью точности и иметь ограничения. Упаковки РАО, содержащие химические вещества с токсиметрическими характеристиками, соответствующими I классу (чрезвычайно опасные) и II классу

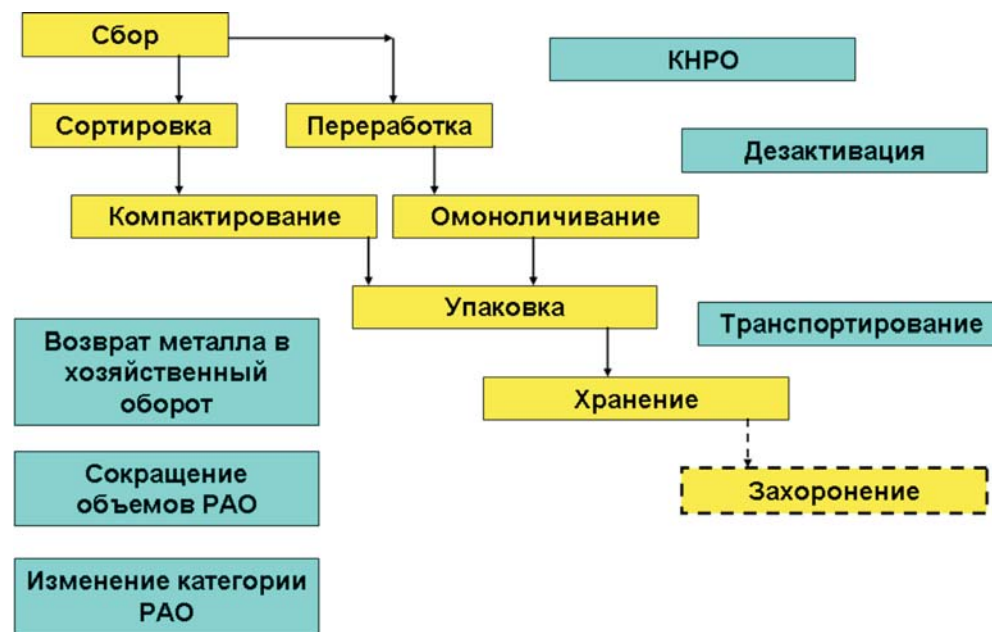


Рис. 5. Основные технологические этапы обращения с РАО

step introduction of the VLLW (very low-level waste) category, with some spadework already in progress.

3. The ways and key stages of implementing the RW management concept

In this context it is necessary to identify the ways and the basic process stages in general management of RW, such as collection-sorting-compacting (for SRW), collection-treatment-cementation (for LRW), and packing-storage-disposal. The sequence and interrelation of process stages is presented in Figure 6.

These operations will undoubtedly involve waste transport and handling of large non-separable pieces of equipment. Upon decontamination, some materials will be reused, others will be classified under a different category – that is, generally speaking, decontamination, compacting and processing will result in reduction of the initial RW volumes.

The next stage of determining the initial parameters is in specifying operations for the main RW categories in accordance with the handling methods adopted for them. SRW categories are:

- High-level waste;
- Intermediate- and low-level waste;
- Very low-level waste (when this category is introduced).

LRW categories include:

- High-level waste;
- Intermediate- and low-level waste;
- LRW of complicated chemistry.

With the methods of LRW management determined, the above list may be reduced to the main initial RW categories, which should be considered in the general concept of RW management in the region. Such categories are:

- High-level SRW;
- Intermediate- and low-level SRW;
- Very low-level SRW (upon introduction of this category);
- Liquid RW.

An important step and final point in the process of RW management is the waste confinement and burial in specially built repositories, primarily in geological formations, with no intent of its subsequent retrieval. Such disposal necessitates a multibarrier system of underground RW isolation including natural (geological) and man-made (engineered) barriers. To this end, extensive work has been done by the leading scientific organiza-

tions, with a contribution of special importance made by the Design and Survey Institute of Industrial Technology, the Kola Research Centre and the Kola Mining Institute .

In those activities, the basic principles of secure RW isolation in geological formations were identified as the answerability to the future generations and the radiation safety, which are consistent with the safety principles and technical criteria developed by the IAEA. To this day, waste burial in geological formations is universally recognized as the safest and most reliable disposal method. The rock mass in this case appears to be the key safety barrier.

At the same time, generation of RW to be disposed of should be kept as low as reasonably achievable, with its characteristics adjusted to conform to the current Russian regulations and rules related to nuclear energy uses and RW management.

Much importance is attached in this process to development of the RW acceptance criteria and their application, i.e., the quality criteria to be met after waste collection, treatment, storage, and conditioning for long-term storage and disposal. Development of the above criteria is provided for in the Russian regulatory documents and is currently in progress as applied to RW management in the North-West Region.

During transportation and storage, it is essential to ensure the structural stability of the RW form, which is determined by a combination of its main physical and chemical characteristics. The waste form should be strong enough to withstand the loads arising at various stages of RW management, and should retain its geometry. It should be resistant to any reasonably conceivable chemical, biological, radiation and thermal impacts.

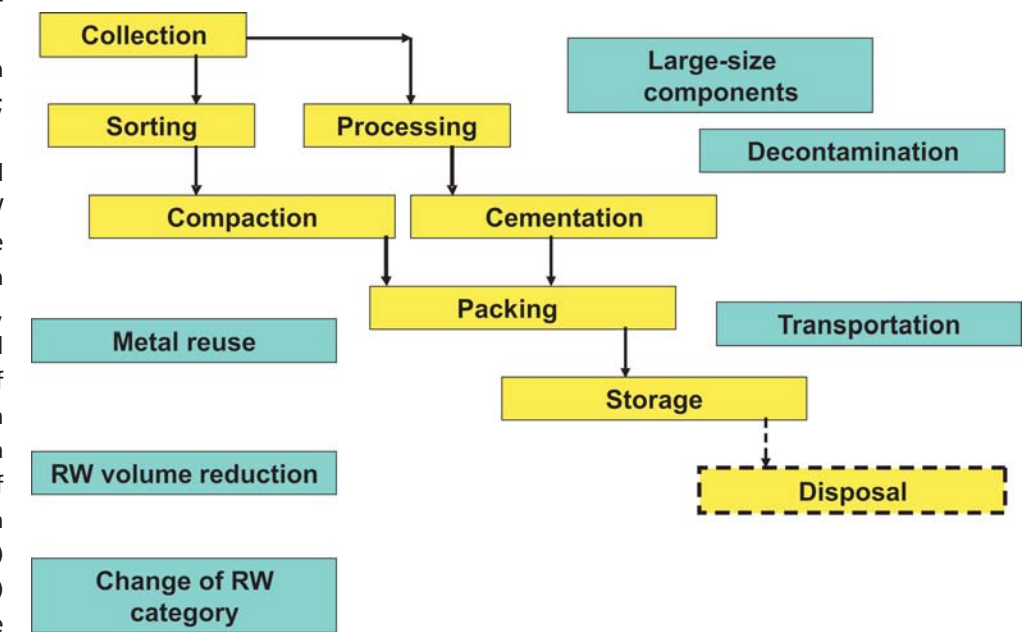


Рис. 5. Key Technological Phases of RW Management

(высокоопасные), не подлежат приему на хранение и захоронение.

Рассмотрим общие стратегические подходы по обращению с ТРО и ЖРО в Северо-Западном регионе.

Основными положениями данного подхода являются централизация обращения с твердыми РАО в региональном центре кондиционирования и долговременного хранения радиоактивных отходов с проведением на местах работ только по первичной сортировке и упаковке ТРО; переработка жидких радиоактивных отходов в местах их образования модульными установками.

Одним из основных начальных этапов подготовки РАО к хранению и захоронению является их кондиционирование. Кондиционирование РАО предусматривает несколько операций, в том числе:

- размещение непереработанных ТРО (ЖРО) в одностороннем или двойном контейнере;
- размещение переработанных ТРО (ЖРО) в контейнере;
- размещение отвержденных ЖРО в контейнере;
- размещение и омоноличивание ТРО в контейнере;
- размещение упаковки РАО в дополнительном контейнере.

При выборе метода кондиционирования РАО целесообразно:

- оценивать различные методы кондиционирования РАО с учетом требований к обеспечению безопасности при хранении и захоронении РАО, а также с учетом технических и экономических факторов;
- анализировать ожидаемые после сбора и переработки РАО характеристики РАО, имеющиеся технологии переработки РАО и возникающие при переработке РАО проблемы обеспечения безопасности;
- проводить сопоставление характеристик РАО и соответствующих критериев приемлемости РАО, которым РАО должны отвечать, чтобы быть принятыми на хранение и захоронение.

С учетом сложности обстановки в ПВХ ОЯТ и РАО в губе Андреева, а также того факта, что именно там будет образовываться весьма значительная доля региональных РАО, в результате консультаций и по согласованию с иностранными донорами принято решение о создании на объекте собственной инфраструктуры для обращения с твердыми и жидкими отходами.

Обращение с РАО в случаях, не предусмотренных общей транспортно-технологической схемой, или требующих применения специализированных технологий, производится по отдельным проектам.

Для обращения со средне- и низкоактивными ТРО, составляющими основную массу ТРО в регионе, целесообразно применить схему обращения, изображенную на рис. 6. В местах хранения и образования РАО производятся сбор, сортировка, первичная дезактивация и упаковка для транспортирования.

После выполнения данных операций часть отходов перейдет в категорию очень низкоактивных и будет пе-

редана в соответствующую схему обращения. Часть отходов будет возвращена в хозяйственный оборот, оставшаяся часть должна быть упакована в контейнеры для транспортирования в региональный центр кондиционирования и долговременного хранения и размещена на буферных площадках объектов, с которых будет вывозиться по мере накопления.

Крупногабаритное неразборное радиационно-опасное оборудование после дезактивации может не упаковываться в контейнеры, а доставляться в региональный центр целиком. Доставка контейнеров должна осуществляться преимущественно с использованием судна-контейнеровоза, строительство которого планируется по контракту с Италией.

Важным представляется вопрос унификации контейнерного парка для упаковки ТРО на объектах. В целях сокращения объемов операций на местах образования ТРО упаковывать ТРО на местах целесообразно в оборотные транспортные контейнеры единого образца, которые будут поставляться на места из регионального центра после освобождения от отходов предыдущих партий.

После доставки ТРО в региональный центр отходы подлежат распаковке и передаче на его мощности для окончательной подготовки к долговременному хранению, включая стадии окончательной сортировки и глубокого компактирования. После прохождения технологической цепочки регионального центра отходы подлежат упаковке в сертифицированные для долговременного хранения контейнеры, тип которых должен быть определен, а контейнеры изготовлены и поставлены в региональный центр.

Исключением из данного правила может стать ПВХ ОЯТ и РАО в губе Андреева, который, как отмечалось выше, является основным источником РАО в регионе и где планируется создание собственных мощностей для обращения с РАО. На объекте будут проводиться все необходимые технологические операции с отходами до упаковки компактированных ТРО в контейнеры, предназначенные для хранения в региональном центре, с учетом критериев приемлемости РАО для их долговременного хранения в региональном центре. Данные контейнеры будут доставляться в региональный центр и без дополнительных технологических операций направляться на хранение.

После введения категории очень низкоактивных отходов появится возможность значительно сократить объемы контейнерного хранения отходов, и соответственно объемы строительства в региональном центре. Основными составляющими данного типа отходов будут являться грунт, горючие отходы, вторичные отходы реабилитационных работ (строительные конструкции), отдельные элементы вспомогательного оборудования (рис. 7).

Основные пути образования очень низкоактивных отходов – сбор, очистка грунта мобильной модульной установкой, перевод из категории средне- и низкоактивных

The acceptance criteria for storage and disposal of conditioned RW should be adopted with regard to the following waste characteristics:

- total activity of the RW package, specific activity of the waste, and its radionuclide composition;
 - equivalent dose rate;
 - surface contamination;
 - structural stability of the waste form;
 - radiation resistance;
- as well as to other properties specified in the current regulations.

RW packages containing explosive and (or) spontaneously igniting substances are not acceptable for storage and disposal. The content of poisonous, chemically toxic, pathogenic and infectious materials in a package should be known with a sufficient degree of accuracy and has to be limited. RW packages containing chemicals with toxic characteristics corresponding to Class I (extremely dangerous) and Class II (highly dangerous) will not be accepted for storage and disposal.

We shall now consider the general strategic approaches to SRW and LRW management in the North-West Region.

Such approaches were to some extent presented to our foreign partners at previous meetings and workshops, as well as in the SMP-2 documents.

The key points of this approach are: centralized handling of SRW at the regional centre for waste conditioning and long-term storage, with only initial waste sorting and packing done locally, and treatment of LRW on the sites of its generation with the use of modular facilities.

One of the main stages of waste preparation for storage and disposal is conditioning, which may involve a number of methods, such as:

- placement and cementation of SRW in a cask;
- placement of treated SRW (LRW) in a cask;
- placement of solidified LRW in a cask;
- placement and cementing of SRW in a cask;
- placement of RW package in an additional cask.

By choosing the waste conditioning method it is appropriate:

- to assess different conditioning methods with regard to the requirements for safety in RW storage and disposal as well as to the technical and economic factors;
- to analyze the expected RW characteristics after its collection and treatment, the existing RW treatment technologies, and the safety problems associated with waste processing;
- to check the RW characteristics against the acceptance criteria for storage and disposal.

Considering the complicated situation on the SNF and RW storage site at Andreeva Bay as well as the fact that a large part of the regional RW will come from this site, an optimized decision was taken in consultation with the foreign donors to build an infrastructure on the site to the extent required for SRW and LRW handling.

In the cases unprovided for in the general management and transport scheme, or necessitating special-purpose

technologies, the RW will be handled under separate projects.

The management scheme presented in Fig. 6 is recommended for handling intermediate- and low-level SRW, which constitutes the bulk of the SRW in the region. Waste collection, sorting, primary treatment and packing for transportation will be arranged in situ.

On completion of these operations, some materials will be reclassified as very low-level waste and will be transferred to the appropriate management system. Part of the waste will be diverted for reuse, and the rest will be packed in casks and placed on the site buffer pads to be subsequently shipped as required to the regional centre for conditioning and long-term storage.

After decontamination, large-size non-separable components should not be necessarily packed in casks but may be prepared with the use of special technologies and thus delivered in one piece to the regional centre. Casks should be shipped primarily by a special carrier ship, which is to be built under a contract with Italy.

A point of importance to this scheme is unification of the casks for SRW packing on the sites. In order to reduce the operations in places of SRW generation, it is expedient to have this waste packaged in situ using returnable shipping casks of the same model, which will be delivered from the regional centre when cleared of the previous waste.

On delivery to the regional centre, the waste will be unpacked and transferred to the appropriate facilities to be finally prepared for long-term storage including final sorting and high compaction. Having undergone the whole process at the centre, waste is to be packed in casks qualified for long-term storage; the casks, which type is yet to be determined, will be manufactured and supplied to the regional centre.

A possible exception to this rule is the SNF and RW storage site at Andreeva Bay, which, as mentioned earlier, is the main source of RW in the region, and where it is planned to provide special facilities for RW management. On this site, waste will undergo all the essential operations including placement of compacted waste in the casks to be stored at the regional centre, provided they meet the acceptance criteria for long-term storage at the centre. These casks will be delivered to the centre and placed in storage without any additional treatment.

Once the category of very low-level waste (VLLW) is introduced, it will be possible to reduce considerably the volumes of containerized waste storage and, consequently, the structural volumes of the regional centre. Such waste will consist mostly of soil, combustible waste, secondary waste from remediation work (building units), and individual components of auxiliary equipment (Fig. 7).

VLLW will result primarily from soil collection and treatment by a mobile modular facility, as well as from decontamination of intermediate- and low-level waste. The options under consideration for such waste are to store it in special subsurface facilities at Andreeva Bay and Gremikha

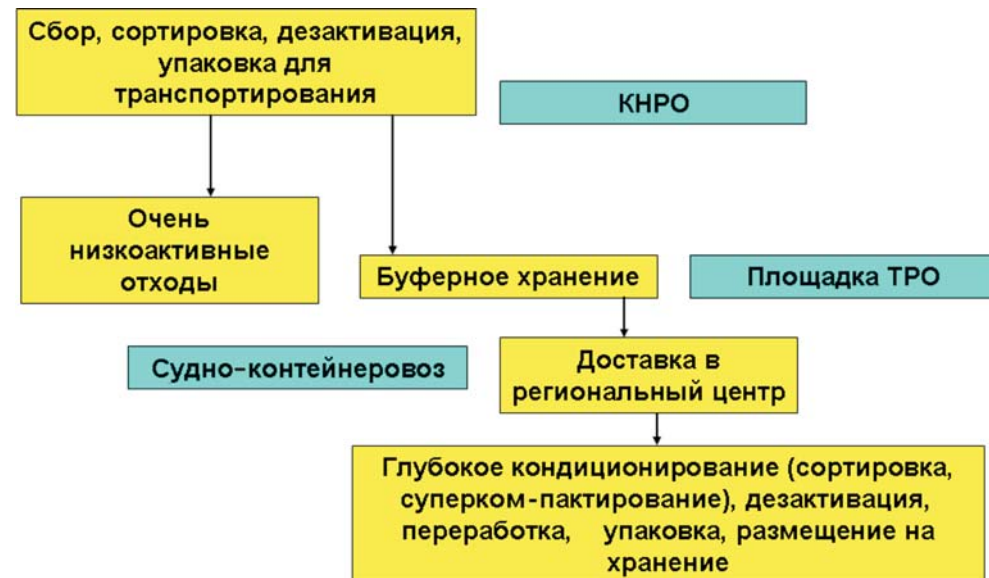


Рис. 6. Обращение со средне- и низкоактивными твердыми отходами

отходов после дезактивации. Очень низкоактивные отходы предполагается размещать в специальном приповерхностном хранилище в ПВХ ОЯТ и РАО в губе Андреева и п. Гремиха, а также доставлять в региональный центр, для суперкомпактирования и размещения на хранение.

Для жидких радиоактивных отходов предполагается следующий порядок обращения. ЖРО подлежат переработке на местах модульными установками с последующим отверждением отходов переработки и упаковки их в стандартные бочки для транспортирования к месту хранения в региональном центре.

Выбор технологии переработки высокоактивных ЖРО и ЖРО сложного химического состава определяется в каждом конкретном случае в зависимости от их физико-химических свойств, условий и мест нахождения данных отходов.

4. Обращение с высокоактивными РАО

Особую сложность представляет порядок обращения с твердыми высокоактивными отходами. Их доля в общем объеме РАО не превышает 1,5%. Основными видами данных отходов являются стержни систем управления и защиты, а также ловушки с сорбентами фильтров активности, размещенные в основном на территории ПВХ ОЯТ и РАО, а также на судоремонтных заводах (рис. 8).

Ловушки с сорбентами фильтров активности подлежат упаковке в специальные контейнеры, после чего транспортируются в региональный центр, где размещаются на долговременное хранение.

Обращение со стержнями СУЗ зависит от состояния стержней. Стержни, находящиеся в кондиционном состоянии, не имеющие внешних повреждений и искривлений по длине, целесообразно размещать в корпусах реакторов утилизируемых АПЛ в период формирования одноотсечных блоков на «ЦС СРЗ «Нерпа».

Стержни, размещение которых в корпусах реакторов невозможно, подлежат размещению в специальных контейнерах и установке в спецхранилище в региональном центре. Число стержней СУЗ, размещенных в ПВХ ОЯТ и РАО, а также на судах АТО, в настоящее время оценивается равным 1800 единиц, однако, на наш взгляд, эта цифра подлежит уточнению, что и предстоит сделать по мере выполнения обследований хранилищ и проведения работ в губе Андреева и п. Гремиха.

Размещение стержней СУЗ в корпусах реакторов утилизируемых АПЛ является техни-

чески сложной задачей, требующей создания специализированного участка, предположительно на стапельной плите «ЦС СРЗ «Нерпа», чтобы максимально приблизить его к месту формирования одноотсечных блоков и обеспечить доступ к корпусам реакторов. Извлечение стержней СУЗ из мест хранения, доставка к месту проведения работ, размещение в корпусах реакторов, обеспечение безопасности проведения работ – все эти этапы включает транспортно-технологическая схема обращения с высокоактивными отходами, в настоящее время разрабатываемая в НИКИЭТ.

Преимуществом предлагаемой схемы обращения с высокоактивными стержнями СУЗ является тот факт, что после размещения их в корпусах реакторов утилизируемых АПЛ вопрос решается одновременно и окончательно, так как впоследствии при утилизации одноотсечных блоков РО разборка корпусов реакторов не планируется, и они отправляются на захоронение без вскрытия. На наш взгляд, лучший контейнер для высокоактивных отходов предложить сложно.

Стержни СУЗ, размещенные даже в самых современных контейнерах, потребуют затрат на долговременное хранение в региональном центре, а также затрат на последующее захоронение с возможной переключкой в новые контейнеры.

Изложенные методы обращения с различными типами радиоактивных отходов формируют основные требования к системе обращения с РАО в регионе, техническим характеристикам и функциям регионального центра.

Производительность регионального центра кондиционирования и долговременного хранения радиоактивных отходов по приему и переработке должна составлять 5–7,5 тыс. м³/год, ориентировочный объем принимаемых РАО 100 000 м³. Отходы состоят примерно из

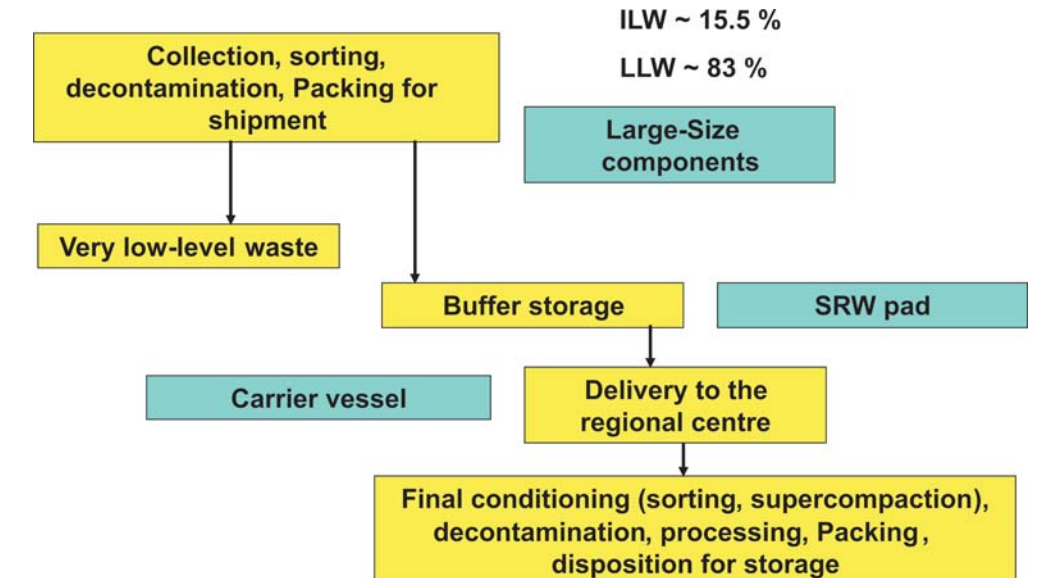


Рис. 6. Intermediate- and Low-Level Solid Waste Management

or to ship it to the regional centre where it will be supercompacted and put in storage as required for waste of this category.

The current plan for handling liquid radioactive waste management looks as follows (Fig. 10). LRW is to be treated in situ by modular facilities, with the resulting waste solidified and packed in standard drums for transportation to their storage facilities at the regional centre.

Technologies for processing LRW of high activity or complicated chemistry should be chosen on a case-by-case basis depending on the physical and chemical properties, the conditions and location of the waste in question.

4. High-level solid waste management

High-level solid waste, which accounts for no more than 1.5 % in the total RW volume, is particularly difficult for management. The main types of such waste are rods of control and protection systems and activity traps with sorption filters, found mostly on the temporary SNF and RW storage sites and at the area of shipyards (Fig. 8).

The activity traps are to be packed in special casks and transported to the regional centre for long-term storage.

The CPS rods will be treated depending on their condition. Rods showing no external damage or bending may be accommodated inside the reactor vessels of decommissioned submarines during formation of one-compartment unit at Nerpa Shipyard.

If such disposition in reactor vessels proves impossible, the rods will be loaded in special casks and put in a special storage facility of the regional centre. The total number of CPS rods found in the temporary SNF and RW storage facilities and on nuclear service ships is currently estimated to be as many as 1800, but this figure has to be updated, which will be done during examination of storage facilities and operations on Andreeva Bay and Gremikha sites.

Disposition of CPS rods in reactor vessels is a technically complicated task, which necessitates arrangement of a special working area, presumably on building ways at Nerpa, making it as close as possible to the site of formation of one-compartment units and providing access to the reactor vessels; it involves retrieval of CPS rods from their storage places, their delivery to the working area and accommodation in reactor vessels, with the safety of all operations properly assured. The HLW management and transport scheme is being elaborated by NIKIET.

An advantage of the proposed way of handling the highly active CPS rods lies in the fact that, once they are placed in the reactor vessels of decommissioned submarines, the question will be settled in a conclusive way as there is no intention to dismantle such vessels later – they will be disposed of in one piece. In our opinion, it is hard to find a better container for high-level waste.

Even if CPS rods are loaded in the best casks available, their long-term storage at the regional centre will entail expenses, and so will their subsequent disposal with possible repacking in new casks.

The described methods of handling various types of RW dictate basic requirements for the system of RW management in the region, for the technical characteristics and functions of the regional centre.

The regional centre for conditioning and long-term storage of RW should be designed to take in and process waste at a rate of 5-7.5 thousand m³/year, with the RW volume to be accommodated tentatively estimated at 100 000 m³. The waste includes roughly 65 % of metal, 25 % of compactible non-combustible materials, and 10 % of combustible waste. Capabilities should be provided for dismantling, decontamination, conditioning, temporary storage and radiation monitoring of radioactive materials and waste.

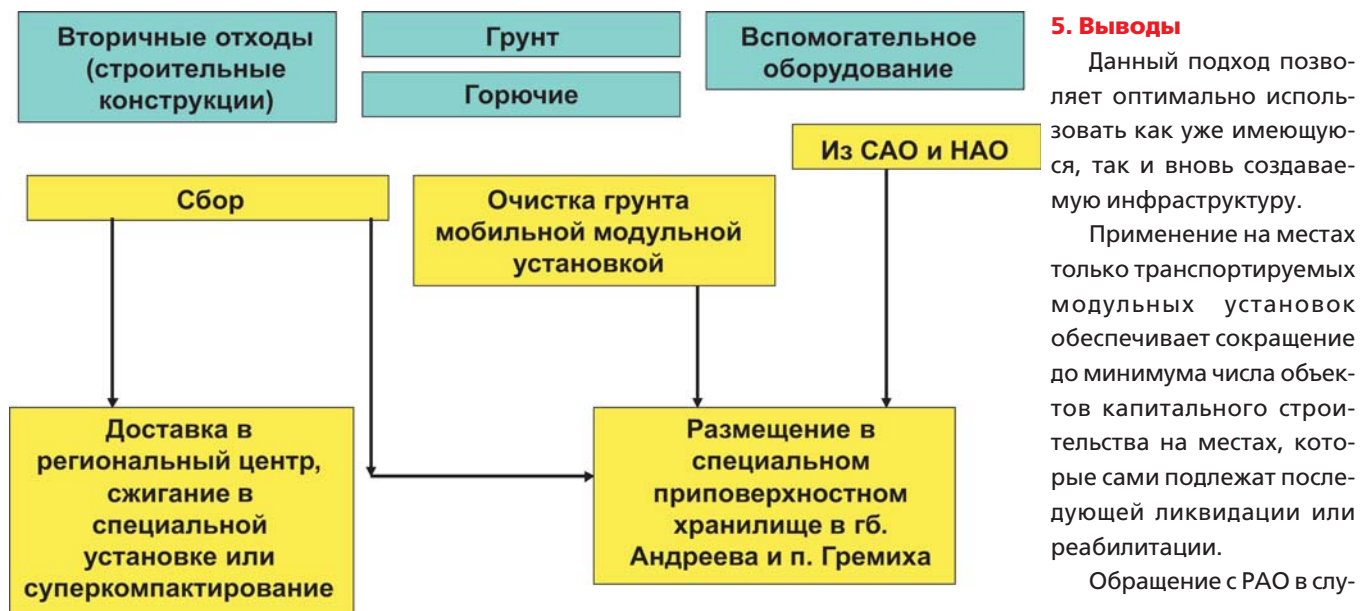


Рис. 7. Обращение с очень низкоактивными твердыми отходами (после введения категории)

65% металлических, 25% прессующихся негорючих и 10% горючих отходов. Предусматриваются мощности, обеспечивающие демонтаж, дезактивацию, кондиционирование, временное хранение и радиационный контроль радиоактивных материалов и отходов.

Обращение с ОЯТ в центре не предполагается. В региональном центре должны быть обеспечены прием и переработка тех специальных объектов, хранящихся на 2-й очереди (отсеков судов АТО, реакторных отсеков ледоколов и других надводных кораблей), габариты которых превышают габариты реакторных отсеков атомных подводных лодок. Должна быть принципиально предусмотрена разборка реакторных отсеков в цеху разборки, при необходимости после проведенного дооборудования. Должна быть обеспечена возможность обращения с ЖРО, образующимися при выполнении центром собственных технологических операций.

водится по отдельным проектам.

Техническое задание на создание регионального центра кондиционирования и долговременного хранения РАО должно содержать данные по наиболее полному насыщению объекта необходимым оборудованием и техническими средствами.

Необходимо произвести технико-экономическую оценку и оптимизацию вариантов транспортно-технологических схем доставки РАО в региональный центр кондиционирования и долговременного хранения РАО.

Необходимо четко определить, унифицировать и минимизировать номенклатуру контейнеров, подлежащих применению в транспортно-технологической схеме.

Указанные работы в настоящее время ведутся и планируются к завершению в текущем году.

Все принципиальные технические решения по системе обращения с РАО должны согласовываться с НИКИЭТ

как научным руководителем работ – головной организацией по ядерной и радиационной безопасности при утилизации АПЛ и экологической реабилитации ядерных и радиационно-опасных объектов и утверждаться Росатомом в целях исключения нескоординированных действий и обеспечения проведения единой научно-технической политики при обращении с РАО в Северо-Западном регионе.

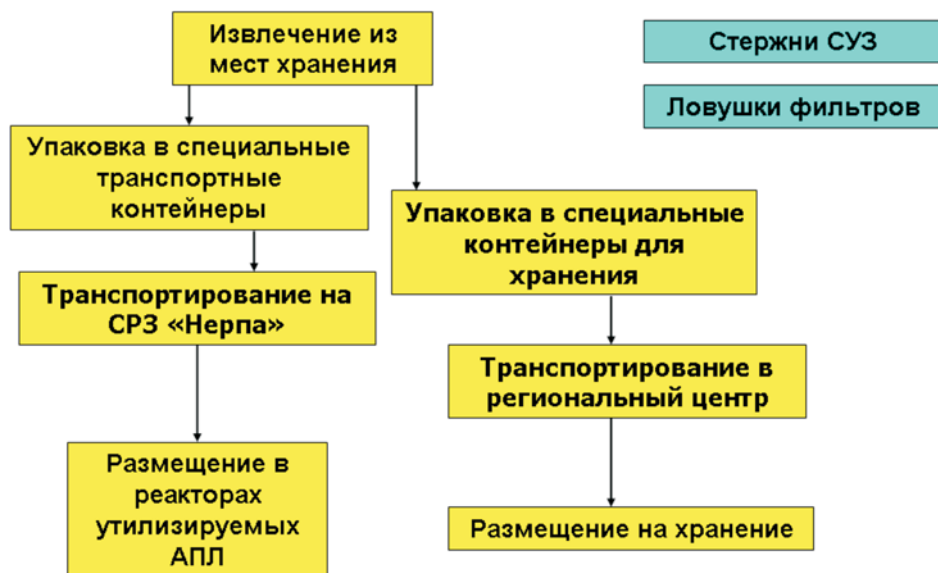


Рис. 8. Обращение с высокоактивными твердыми радиоактивными отходами

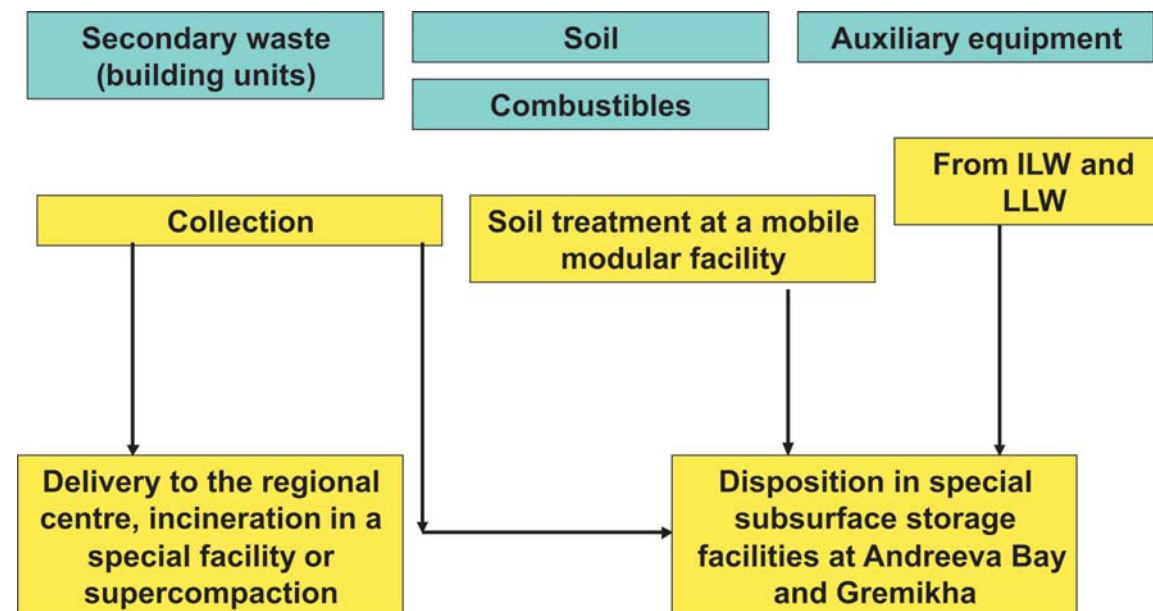


Fig. 7. Management of Very Low-Level Solid Waste (after introduction of this category)

No provisions are made for handling spent nuclear fuel at the regional centre. The centre should be capable of taking in and processing the special facilities to be kept in the regional storage facility of the second construction stage (compartments of nuclear service ships, reactor compartments of icebreakers and other surface ships), whose dimensions are larger than those of submarine reactor compartments. Reactor compartments are to be taken apart in the dismantling shop, which will be additionally equipped if required. Capabilities should be provided for handling the LRW management from the internal processes taking place at the centre.

5. Conclusions

This approach allows optimal use of the infrastructure available already or yet to be built.

Local operation of transportable modular facilities alone will minimize the number of facilities to be built on the sites, which will have to be subsequently dismantled or subjected to remediation.

In the cases unprovoked for in the general management and transport scheme, the RW will be handled under separate projects.

The technical assignment on building the regional centre for RW conditioning and long-term storage should describe as much as possible the equipment and facilities to be provided.

It is necessary to assess in technical and economic terms and to optimize the management and transport options for RW delivery to the regional centre.

The casks to be used in the handling and transport process should be clearly identified and unified, with the number of their types reduced to a minimum.

Such work is already in progress and is planned to be completed next year.

All the basic engineering solutions for the RW management system should be adopted in consultation with NIKIET as the scientific leader of the programme and the organization in charge of nuclear and radiation safety in decommissioning of nuclear powered submarines and environmental remediation of nuclear sites. Such decisions should also be approved by Rosatom in order to prevent uncoordinated actions and to have a common radioactive waste management policy pursued in the North-West Region.

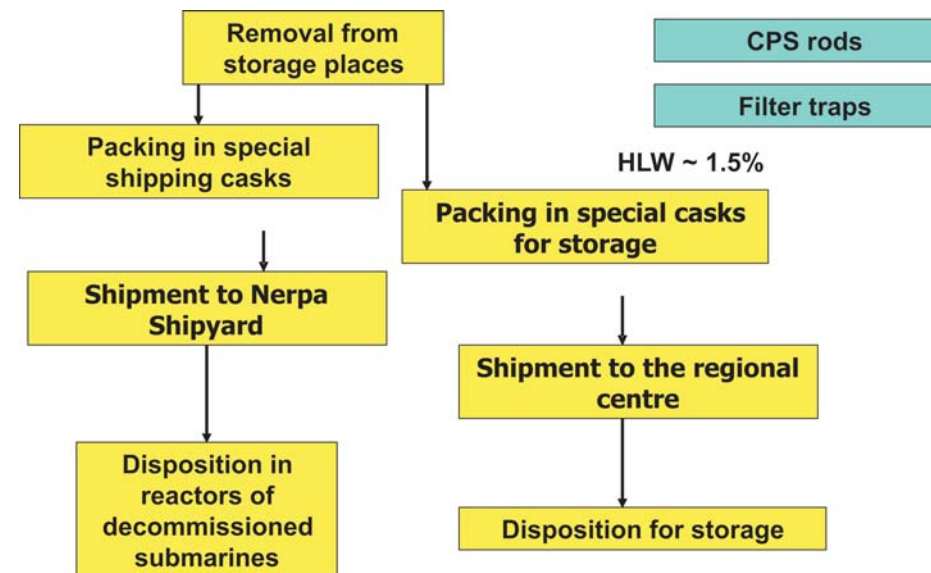


Fig. 8. Management of High-Level Solid Waste