

Доклад

на тема

"Управление на радиоактивни отпадъци"



Изготвил: В. Емилова

В съвременния свят технологиите използващи ядрени (радиоактивни) материали се развиват, успоредно с развитието на човечеството. Те се използват не само за производство на електроенергия (АЕЦ), но и в медицината, военното дело, науката и селското стопанство. Радиоактивните отпадъци получаващи се от тях са ниско и средно активни, като обработването и съхраняването им в подходящи хранилища не е обезпокоително. В света има действащи общо около 440 АЕЦ, и около 70 в процес на строеж. В процеса на експлоатация на тези централи, както и извеждането им от експлоатация се натрупват големи количества радиоактивни отпадъци и средно годишно около 11,000 тона отработено ядрено гориво. Това отработеното ядрено гориво в дългосрочен план представлява сериозен проблем. То трябва да бъде или преработено, или изолирано от околната среда за стотици хиляди години, за да не увреди биосферата. Всички радиоактивни ядра, съдържащи се в радио активните отпадъци, се разпадат след време в стабилни ядра. Различните изотопи в радиоактивните отпадъци представляват заплаха за живите същества при поглъщане или вдишване в зависимост от техните свойства на разпад, скорост на разпад и време на задържане. Затова наред с отговорността за използването на ядрените технологии се нарежда и управлението на радиоактивните отпадъци и отработено ядрено гориво.

Същност

Радиоактивните отпадъци се отделят при експлоатацията и закриването на атомните електроцентрали, при употребата на радиоактивни материали в индустрията, научните изследвания, медицината, селското стопанство.

Радиоактивните отпадъци са вещества, продукти, материали и предмети, за които поради технически, икономически, научни и други причини не се предвижда по-нататъшно използване, и които, поради повишеното съдържание на радионуклиди или неотстранимо повърхностно радиоактивно замърсяване, не могат да бъдат изхвърлени в околната среда. Отработеното ядрено гориво, съгласно действащото в момента законодателство, не се дефинира като радиоактивен отпадък. В развитите страни ОЯГ е суровина, от която след преработка се получава ново свежо ядрено гориво. Използват се различни критерии за разделяне на радиоактивните отпадъци: произход, радиологични свойства, физични свойства, химични свойства, биологични свойства. Според физичното им състояние – твърди, течни и газообразни (схема 1). Газообразните РАО, които се генерират в процеса на експлоатация на АЕЦ се очистват през специалните вентилационни и очистващи системи на всеки блок. Измерва се и се контролира съдържанието на радионуклидите в тях и очистени през система от филтри се освобождават в околната среда, като разрешени от регулиращия орган емисии.

Разнообразието от източници на течни РАО е причината наред с радионуклидите - продукти на делене на урана и активация на различните материали, в течните РАО да се съдържат известни количества борна киселина, разтворени соли, комплексообразуватели, масла и др. Цялото количество от течни радиоактивни разтвори се преработва до минимални количества радиоактивни отпадъци, с оглед тяхното по-нататъшно съхранение да бъде икономически и екологически най-изгодно.

Допълнителни категории течни РАО:

2-H – категория със специфична бета – гама активност до $3,7 \text{ E} + 5 \text{ Bq/l}$;

2-C – категория със специфична бета – гама активност от $3,7 \text{ E} + 5 \text{ Bq/l}$ до $7,2 \text{ E} + 7 \text{ Bq/l}$;

2-B- категория със специфична бета – гама активност над $7,2 \text{ E} + 7 \text{ Bq/l}$.

Течните РАО от всяка категория се охарактеризират като водни концентрати, кубов остатък (КО), йонообменни смоли, утайки и шлакове, масла.

РАО могат да бъдат класифицирани още като негорими и горими.

Твърдите РАО, които се получават в резултат на обслужването и ремонта на съоръженията в АЕЦ, са предимно ниско и средноактивни отпадъци.

Допълнителни категории твърди РАО:

2-I – категория – мощност на еквивалентната доза- $0,001 - 0,3 \text{ mSv/h}$, измерена на $0,1\text{m}$ от повърхността им;

2-II – категория – мощност на еквивалентната доза- $0,3 - 10 \text{ mSv/h}$, измерена на $0,1\text{m}$ от повърхността им;

2-III – категория – мощност на еквивалентната доза- над 10 mSv/h , измерена на $0,1\text{m}$ от повърхността им.

Твърдите РАО от всяка категория се характеризират като такива, които могат да се пресоват (текстил, топлоизолация, полиетилен и др.) и такива, които не могат да се пресоват (метал, дърво, строителни материали и др.).

Системата за класифициране на РАО, използвана сега от МААЕ, се основава на времето, в продължение на което едни или други отпадъци представляват опасност (период на разпад на нуклидите), защото това директно влияе на изискванията към технологиите за окончателно погребване на отпадъците. В тази връзка, посочената система включва следните категории:

- освободени от контрол отпадъци (ОО);
- много нискоактивни отпадъци (МНАО);
- много краткоживещи отпадъци (МКЖО);
- нискоактивни отпадъци (НАО);
- средноактивни отпадъци (САО);
- високоактивни отпадъци (ВАО).

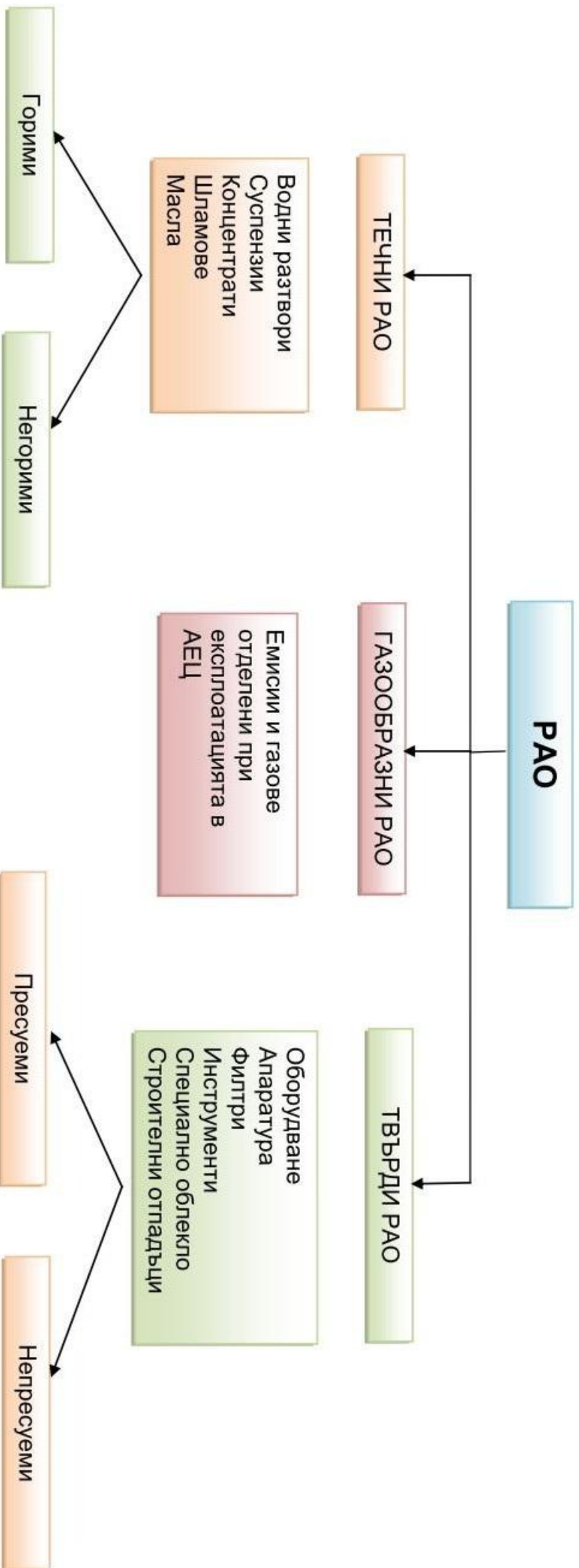


Схема 1 - Класификация на РАО

Управление на РАО

Според международно приетата дефиниция на МААЕ, понятието "управление на радиоактивни отпадъци" означава всички дейности, включително и тези по извеждането от експлоатация, които са свързани с манипулирането, предварителната обработка, преработката, привеждането в съответно състояние, съхраняването или погребването на РАО.

Съоръжение за управление на радиоактивни отпадъци означава всяко съоръжение или инсталация, основна цел на което е управлението на радиоактивните отпадъци, което включва и ядрено съоръжение в процес на извеждане от експлоатация.

Отработено гориво означава ядрено гориво, което е било облъчено в активната зона на реактор и е окончателно извадено от нея;

Управление на отработено гориво означава всички дейности, които са свързани с манипулирането или съхраняването на отработено гориво, с изключение на транспорта извън площадката. То може да включва също и изхвърляния

Съоръжение за управление на отработено гориво означава всяко съоръжение или инсталация, чиято основна цел е управление на отработено гориво;

Изхвърляния означават планирани и контролирани изтичания на течни или газообразни радиоактивни материали в околната среда, образувани при нормална експлоатация на ядрени съоръжения под регулиращ контрол, в качеството си на узаконена практика в граници, разрешени от регулиращия орган;

Преработване означава процес или операция, целта на които е извличане на радиоактивни изотопи от отработеното гориво с цел последващото им използване;

Съхраняване означава складирането на отработено гориво или радиоактивни отпадъци в съоръжение, което осигурява ограничаване на тяхното въздействие, с намерение за извличането им;

Погребване означава разполагане на отработено гориво или радиоактивни отпадъци в подходящо съоръжение, без намерение за последващо им извличане;

Цели и подходи

Целите на управление на РАО се заключават в преработването им чрез използването на методи и технически средства, чрез които се осигурява опазване на здравето на персонала, населението и околната среда, сега и в бъдеще и се ограничават бремето, което се прехвърля на бъдещите поколения в разумни граници. Основните подходи в обработването на РАО са отлагане и разпадане, концентрация и локализация, разреждане и разсейване.

Подходът отлагане и разпадане се заключава в съхраняването на радиоактивните отпадъци в хранилище, докато вследствие на радиоактивното разпадане на радионуклидите, съдържащи се в тях, не настъпи необходимото намаляване на активността им. Сроковете за съхранение могат да бъдат различни и могат да достигнат от няколко години до няколко десетки години. Подходът концентрация и локализация се заключава в намаляване на обема и удържане на съдържащите се РАО посредством кондициониране, за да се предотврати или намали трайно скоростта им на разпространяване в околната среда. Локализирането трябва да се гарантира в условията на въздействия, които могат да се проявят върху РАО в продължение на период, по-голям от 300 години. Подходът разреждане и разсейване се заключава в изхвърляне на отпадъците в околната среда по начин, който намалява концентрацията на радионуклиди до нива, при които радиологическото им въздействие се оказва приемливо. Трите подхода могат да се използват самостоятелно или комбинирано. При избора на конкретни подходи се отчитат радиологическите последствия на различните варианти на управление на РАО. Той се извършва въз основа на балансиране на облъчването понастоящем, в резултат на разсейването на радионуклиди в околната среда и потенциалното облъчване в бъдеще, което може да настъпи като следствие от погребването на радиоактивни отпадъци.

Принципи и изисквания за безопасност

Принцип 1. Управлението на отработеното ядрено гориво и на радиоактивните отпадъци следва да се осъществява по начин, който осигурява приемливо ниво на защита на здравето на човека от облъчване с йонизиращи лъчения посредством прилагане на концепцията на обосноваване, оптимизация и ограничаване на дозите.

Изпълнението на този принцип осигурява радиационната защита на човека в съоръженията за управление на РАО и ОЯГ чрез прилагане на мерки за:

- непревишаване на дозовите граници;
- изключване на необосновано облъчване чрез контрол на възможните пътища на облъчване;
- намаляване и подържане на дозите на облъчване до възможно минимално равнище.

При оптимизиране на системите за управление на РАО и ОЯГ радиационните дози и рисковете трябва да бъдат сравнени и съпоставени с много други фактори, които могат да окажат въздействие върху оптималното решение. В контекста на оптимизацията всички облъчвания следва да бъдат ограничени толкова ниско, колкото е разумно достижимо, а икономическите, техническите и социалните фактори да бъдат взети предвид.

Принцип 2. Управлението на отработеното ядрено гориво и на радиоактивните отпадъци следва да се осъществява по такъв начин, че да се осигури приемливо равнище на опазване на околната среда, чрез ограничаване до минимално възможното равнище на изхвърлянето в околната среда на радионуклиди от различните етапи на тяхното управление. Този принцип е свързан с поддържане на най-високите стандарти за опазване на околната среда и се реализира в рамките на три концепции:

- Минимизиране на количеството радиоактивни отпадъци при всички технологични процеси и етапи от предприятията, които генерират РАО и ОЯГ и ограничаване до минимално разумно достижимо ниво, на негативните последици за околната среда от погребването на радиоактивните отпадъци;
- Устойчиво развитие, което определя, че икономическото и социалното развитие може да бъде „устойчиво” само в случай, когато околната среда е защитена;
- Прилагане на предпазната концепция т.е.при оценяването на безопасността надеждностите по управление на РАО и ОЯГ, се приема консервативен подход.

Принцип 3. Управлението на радиоактивните отпадъци и отработеното ядрено гориво се осъществява по такъв начин, че се отчитат възможните последици за здравето на човека и за околната среда извън пределите на националните граници. Този принцип е в основата на международните договори, по които Република България е страна. Те формират националните задължения за изпълнение на принципа, което води до прилагане на концепциите за компенсации, съответствие на мерките и обмен на информация между държавите.

Принцип 4. Управлението на радиоактивните отпадъци и на отработеното ядрено гориво следва да се осъществява така, че да не налага прекалено бреме за бъдещите поколения, т.е. без да се превишават равнищата на последици, които са приемливи в наши дни. Реализацията на принципа се основава на един от подходите за прилагане на концепцията за устойчиво развитие, като се насърчава днешното поколение да направи всичко възможно, за да се гарантира трайно сигурността и безопасността на дейностите и съоръженията за управление на радиоактивните отпадъци и на отработеното ядрено гориво, без да изключи избора на варианти за бъдещите поколения. В този смисъл отговорността на сегашното поколение се заключава в следните ангажименти:

- Да се разработят и/ или приемат технологии за преработване, съхранение и погребване на радиоактивните отпадъци, ограничаващи колкото е възможно влиянието за бъдещите поколения, включително чрез прилагане на многобариерен подход, при който както физическите, така и инженерните бариери играят съществена роля.

- Да се съхранят знанията и информацията за дейностите по управление на радиоактивните отпадъци и отработеното гориво за целите на предполагаеми икономически последиствия и възможната необходимост от мониторинг и техническо обслужване.
- В дългосрочна перспектива (с цел повишаване на нивата на безопасност на погребаните радиоактивни отпадъци) в програмите, проектите и изпълняваните дейности по управление на радиоактивни отпадъци е необходимо да се залага принципа на “радиационната еквивалентност”, т.е. съдържанието на дълго живущите радионуклиди в отпадъците да бъде равно на съдържанието им в природните материали.

Принцип 5. Управлението на радиоактивните отпадъци и ОЯГ следва да се осъществява в рамките на съществуващата национална правна инфраструктура, която предвижда ясно разпределение на отговорностите и осигуряване на независими регулаторни функции. Функциите на държавното управление, на регулирането на ядрената безопасност и радиационната защита на оператора на съоръженията следва да бъдат разделени.

Този принцип се изпълнява в рамките на:

- Ясно разграничаване на правата и задълженията по управлението на РАО и ОЯГ между компетентните ведомства и организации като дейностите им са подчинени на концепцията на „класическия триъгълник” и на единството в реализация на целите и приоритетите на настоящата стратегия;
- Съответствие на националния лицензионен и разрешителен режим за дейностите по управление на радиоактивни отпадъци и отработено ядрено гориво със специфичния риск за лицата и обществото;
- Развитие на националната регулаторна рамка чрез транспониране на международното ядрено право и хармонизацията с правото на ЕС.

Принцип 6. Генерирането на радиоактивни отпадъци да се поддържа на минималното възможно равнище по активност и по обем чрез съответстващи проектни решения и практики по експлоатация и извеждане от експлоатация на ядрените съоръжения.

Генерирането на отпадъци следва да се минимизира чрез :

- Сегрегиране на различните видове отпадъци и материали за оптимизиране на тяхното управление.
- Прилагане на съвременни технологии, практики и експлоатационни процедури, които осигуряват минимизиране на радиоактивните отпадъци, в това число и на вторичните РАО.
- Предотвратяване и/или съкращаване, доколкото това е възможно, на генерирането на РАО при проектиране на ядрените съоръжения, при тяхната експлоатация и при извеждането им от експлоатация.

Принцип 7. Взаимозависимост между генерирането на радиоактивни отпадъци и управлението им. Този принцип води до необходимостта всички принципи да се разглеждат в пакет, тъй като разглеждането им поотделно води до изкривяването на всеки един от тях.

Изпълнението на този принцип включва:

- Техническите решения следва да са обосновани, така че решенията за управление на радиоактивните отпадъци на един етап да не могат да изключат алтернативите или по друг начин да повлияят на следващите стадии, т.к. всяко последващо решение трябва да усилва и продължава предишното;
- При планирането трябва да се прилага комплексен подход, като се отчитат всички аспекти, свързани с осигуряването на безопасността, както и потребностите на всеки отделен етап. Следва да се има предвид и това, че решение, взето по отношение на един от етапите, може предварително да изключи алтернативните варианти или да има други значителни последствия за последващите етапи. Никой етап не може да се разглежда поотделно.

Принцип 8. Национална отговорност, вкл. прилагане на принципа за носене на основната отговорност за безопасността и сигурността на ядрена инсталация и радиационната защита от притежателя на лиценза, контролиран от националния регулаторен орган по ядрена безопасност и радиационна защита. Изпълнението на този принцип включва:

- Безопасността и сигурността имат абсолютен приоритет при избора на обекти и при проектирането, изграждането, експлоатацията и извеждането от експлоатация на инсталацията;
- Генераторите на радиоактивни отпадъци са задължени да се регистрират по законово определения ред пред съответния регулиращ орган. Те са отговорни за безопасното управление отпадъците до предаването им за съхраняване и погребване на държавата, като осигуряват финансови ресурси за тази дейност при спазване на принципа „Замърсителят плаща“;
- Крайната отговорност за управлението на РАО и ОЯГ се носи от държавата. На Държавното предприятие „Радиоактивни отпадъци“ е възложено централизираното управление на радиоактивните отпадъци, предадени на държавата. То носи отговорността за радиоактивните отпадъци от момента на предаването им от техните собственици, след изпълнение на технически и финансови условия на принципа „заплати и забрави“.

Радиоактивните отпадъци, чийто собственик не е известен, и радиоактивните отпадъци, внесени на територията на Република България и които не могат да бъдат върнати обратно, са отговорност на държавата.

Принцип 9. Развитие на международно сътрудничество при управлението на РАО и ОЯГ. Този принцип е базиран на факта, че опазването на околната среда изисква съгласувани на международно ниво действия, вкл. за:

- Отношението към безопасността на населението и опазването на околната среда при потенциално трансгранично въздействие и обмяна на информация за повишаване на безопасността в глобален мащаб;
- Заплахата от терористични актове и заплахите, предизвикани от незаконния трафик на ядрени материали и устройства са признати като изискващи висока степен на международно сътрудничество;
- Хармонизацията на националното законодателство с правото на ЕС, гарантираща еквивалентно ниво на безопасност при управлението на РАО и ОЯГ в цялата Общност;
- Участието в международното техническо сътрудничество за прилагане на най-добрите методи за управление на РАО и ОЯГ.

Принцип 10. Обществена приемливост на дейностите по управление на радиоактивните отпадъци и отработеното ядрено гориво.

Представява демократичен принцип на управление, изискващ спазване на условията за прозрачност, информираност и участие на обществеността при вземане на решения за дейностите по управление на радиоактивните отпадъци и отработеното ядрено гориво. В този смисъл през последните години се изпълняват мерки за:

- Повишаване на взаимодействието чрез директни комуникации с представителите на гражданското общество, формиращи общественото мнение.
- Провеждане на обществени обсъждания на докладите по ОВОС. Те са доказал се във времето положителен механизъм за постигане на приемливост от обществеността.
- Информираниост на гражданите за състоянието на околната среда при извършване на дейности по управление на РАО и ОЯГ и създаване на положителен имидж и доверие към тези дейности.

При извършване на дейности по управление на РАО се приемат съответните мерки, с цел да се гарантира, че на всички етапи на управление на радиоактивните отпадъци отделните лица, обществото и околната среда са адекватно защитени от радиологичен и друг риск. В изпълнение на това, следва да се гарантира, че подкритичността и отвеждането на остатъчното топлоотделяне по време на управление на радиоактивните отпадъци са адекватно взети под внимание и че генерирането на радиоактивни отпадъци се поддържа на практически възможното минимално ниво; да се отчита взаимната зависимост на различните етапи при управление на радиоактивните отпадъци.

Да се осигури ефективна защита на отделните лица, обществото и околната среда чрез прилагане на национално ниво на съответните методи за защита, утвърдени от регулиращия орган в рамките на националното законодателство, което съответно отчита одобрените на международно ниво критерии и норми; да се отчетат биологическия, химическия и други рискове, които могат да бъдат свързани с управлението на радиоактивните отпадъци; да се избягват действия, които подлагат на обосновано предвидими последствия бъдещите поколения, по-големи от тези, допуснати за сегашното поколение.

Планиране и нормативна уредба

При всички дейности, при които се генерират РАО, се разработват програми за управление на РАО, в които се описват и обосновават предприетите и планираните дейности по управление на всички генерирани РАО до тяхното погребване или освобождаване от регулиращ контрол. По нормативни изисквания те трябва да съдържат като минимум:

1. Политика и цели на управление на РАО на лицензианта/титуляра на разрешението
2. Налични и прогнозни източници, потоци, количества и характеристики на РАО
3. Избрания вариант за управление на всеки поток РАО, включително срокове и дейности по обработване, съхранение и погребване или освобождаване от регулиращ контрол
4. Обосновка на избрания вариант, включително описание на разгледаните алтернативи, критериите за избор на вариант, направените основни предположения и наличието на възможности за погребване на отпадъците
5. Демонстрация на съответствие с националната стратегия за управление на РАО и основните изисквания към управлението на РАО, произтичащи от ЗБИЯЕ (и наредбите по неговото прилагане)
6. Основните рискове и неопределеност при разработване на програмата и оценка на тяхното влияние върху нейното изпълнение
7. Описание на използвания подход за осигуряване на безопасността при управление на РАО
8. Описание на организационните мерки, осигуряващи изпълнение на програмата
9. Необходими за изпълнение на програмата финансови ресурси и източници на финансиране

Програмата се актуализира при настъпване на съществени изменения в използваните методи, технологии и процедури по управление на РАО и при промяна на нормативните изисквания по безопасност, но най-малко веднъж на 3 години. Приемат се необходимите мерки за гарантирането, създаването и внедряването на съответните програми за осигуряване на качеството, отнасящи се до безопасността при управление на отработеното гориво и радиоактивните отпадъци. Преди и по време на експлоатацията на съоръжение за управление на отработено гориво или радиоактивни отпадъци се съставят съответните аварийни планове за площадката и ако е необходимо, извън нея. Такива аварийни планове се проверяват и актуализират на подходящ интервал от време. Към настоящия момент в страната има действаща и добре обоснована съвкупност от правни норми и институти, регулаторни процедури и правила, които уреждат обществените отношения в системата на националното ядрено право. Регулирането в ядреното право урежда обществените отношения при безопасното използване на ядрената енергия за мирни цели. Основната задача на правното регулиране в областта на използването на ядрената енергия е осигуряване на безопасността за обществото, отделните граждани и околната среда при икономически целесъобразно и ефективно използване на ядрените технологии и прилагането на добрите международни практики.

Нормативната база за безопасното използване на ядрената енергия за мирни цели се основава на:

1. Международни договори и конвенции;
2. Конституцията и специалните Закони;
3. Подзаконовни нормативни актове;
4. Отраслови технически стандарти и нормали.

Тази законодателна и регулираща основа осигурява:

-установяване на приложими национални изисквания по безопасност и нормативни актове за радиационна безопасност; -система за издаване на разрешения за дейности по управление на отработеното гориво и радиоактивните отпадъци;-система за забрана експлоатацията на съоръжения за управление на отработено гориво и радиоактивни отпадъци без разрешение;

-система за подходящ ведомствен контрол, инспекции от регулиращия орган, документиране и отчитане ;

-прилагането на действащите нормативни актове и условията на разрешенията;

-ясно разграничаване на отговорностите на физически и юридическите лица, участващи в различните етапи на управление на отработеното гориво и радиоактивните отпадъци.

Дейности по управлението на РАО

Управлението на РАО включва следните основни дейности (схема 2):

Предварителна обработка на РАО, която има за цел да намали количеството на радиоактивните отпадъци, подлежащи на обработка и кондициониране и/или да коригира характеристиката на радиоактивните отпадъци за облекчаване на обработката, кондиционирането и погребването им. Предварителната обработка включва процеси като събиране, сортиране, регулиране на химическия състав (хим. обработка) и дезактивация.

Обработването е насочено към осигуряване на безопасност и/или намаляване на разходите, свързани с управление на отпадъците, чрез промяна на характеристиките на РАО. Като се намалява обема, отстраняват се радионуклидите от отпадъците, като при необходимост се променя техният състав.

Целта на кондиционирането е получаване на опаковани в твърда форма отпадъци, съответстващи на избрания вариант на погребване, удовлетворяващи изискванията за безопасно манипулиране, транспортиране, съхранение и/или погребване. Кондиционирането на РАО може да се раздели основно на две категории - фиксиране (имобилизация) на РАО и опаковане на РАО.

Фиксирането (имобилизацията) е привеждане на отпадъците в определена форма чрез тяхното втвърдяване и фиксиране чрез включване в подходяща матрица или херметична обвивка. Има за цел намаляване на възможността за миграция или разсейване на радионуклидите при манипулиране, транспорт, съхраняване и погребване на РАО. Фиксирането може да бъде както с използване на органични матрици (включване на полимери, битумиране), така и с неорганични матрици (циментиране, остъкляване).

Погребването е последната фаза от управлението на РАО и има за цел разполагането им в съоръжения за продължително съхранение, без намерение за тяхното изземване, дългосрочно наблюдение и техническо обслужване.

Посредством система от естествени и изкуствени бариери се постига надеждна изолация, чрез която се гарантира, че проникването на радионуклиди в околната среда ще става с приемливо ниски темпове при всички възможни климатични, геологични, външни и техногенни въздействия за продължителен интервал от време.

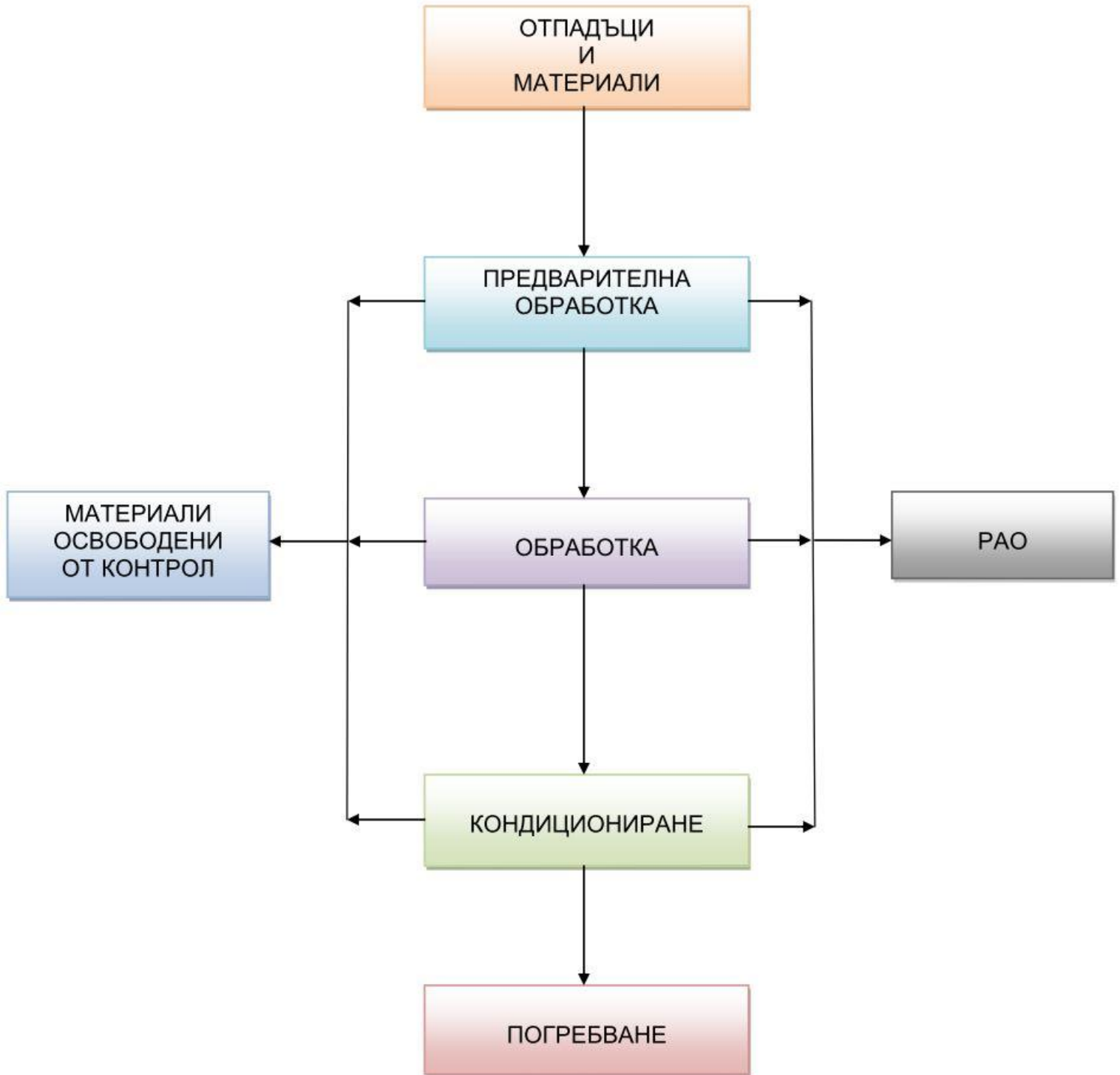


Схема 2 - Дейности при управление на РАО

Технологични методи за обработване на РАО

Изпаряване е обработка на РАО, чрез която се постига намаляване на обема на течни ниско-, средно- и високоактивни отпадъци. Обработваните РАО се подлагат на дестилация, при което се получава концентрат с високо съдържание на соли и радионуклиди и кондензат. Образоващите се радиоактивни концентрати могат да се подложат на кондициониране или да се съхраняват определен период от време, след което в зависимост от характеристиките им подлежат на освобождаване (при ниско- и средноактивни отпадъци) или при осигуряване на критериите за приемливост окончателно се погребват (високоактивни отпадъци). Извършва се в изпарители или дестилационни апарати с непрекъснато действие.

Битумиране представлява термичен процес на фиксиране, при който РАО се смесват с разтопен битум. Чрез битумиране могат да се фиксират хомогенни (кубови остатъци, хидроокисни шламове и др.) и хетерогенни (пулпа, йонообменни смоли, перлит и др.) отпадъци със средно и ниско ниво на активност. По принцип, процесът на битумиране може да протича както непрекъснато, така и периодично. При непрекъснатия метод изливането на разтопеният битум и радиоактивните отпадъци (концентрати, утайки, наситени сорбенти) в съответното съоръжение за изпаряване с бъркалка, пример за каквото е роторният изпарител, или екструдера, става едновременно. При периодичния метод първо се излива съответното количество разтопен битум, в който при непрекъснато разбъркване се изливат течните РАО.

Циментиране на РАО представлява метод за фиксиране (придобиване на формоустойчивост) на твърди и течни РАО в циментова матрица. Циментовата матрица сама по себе си е неспособна дълго време да задържа радионуклидите посредством физическа или химическа сорбция. За увеличаване на времето за удържане се добавят различни неорганични сорбенти, като алуминосиликати (туф, морденит, клиноптиалит и др.). Технологичните процеси на циментиране на РАО се разделят в зависимост от начина на смесване, например смесване в контейнер (отпадъци, цимент и добавки се смесват непосредствено в контейнер, който едновременно се явява и средство за транспортиране) или смесването се осъществява в бъркалка, от която сместа се излива в опаковка – варел, контейнер.

Изгаряне (изпепеляване) на горими материали се прилага с цел намаляване на обема отпадъци, съдържащи органични материали и привеждането им във форма, пригодна за фиксиране в съответна матрица (например циментиране). Този метод е приложим за обработването на замърсени в различна степен (от слабо замърсени до силно замърсени) твърди горими РАО (полимери, органични йонити, текстил, хартия и т.н), а също така на органични течности (замърсени масла). Извършва се в пещи, снабдени със системи за очистиране на изходящи газове от твърди частици и вредни газове. При специалните методи за изгаряне се използват по-високи температури (от 1200 °С до 1600 °С). В резултат от такъв процес на изгаряне след охлаждане се получава твърд шлакоподобен материал с високо ниво на плътност и ниска измиваемост, годен за окончателно погребване.

Пресоване е операция, представляваща механично намаляване на обема. На пресоване подлежат отпадъци събрани в съдове или други контейнери, генерирани от АЕЦ или други ядрени съоръжения, стабилни в биологично отношение. С цел да се намалят мястото за съхранение и разходите, обработката на РАО се прави преди тяхното депониране. На пресоване подлежат отпадъци като: строителни материали, хартия, дърво, пластмаси, еластични материали, пепел и шлага от изгаряне, смесени отпадъци като стъкло, износени части, филтри. За пресоване се използват пневматични и хидравлични преси за ниско и високо налягане.

Остъкляване се използва предимно за фиксиране на сухи високоактивни РАО като концентрати и наситени йонити. Технологиата за остъкляване е предназначена за обработване на високоактивни РАО. В съответствие с този метод радионуклидите се фиксират (придобиват формоустойчивост) в стъклена или стъкло-керамична матрица при температура приблизително 1000 °С. Продуктът на остъкляването е негорим и се отличава с ниско ниво на измиваемост, устойчивост против въздействието на химикали, а също така добра устойчивост на радиационно въздействие и биологична деградация. Остъкляването се прави в специални съоръжения с изпарители и смесители. Технологичният процес на остъкляване се състои от две фази – изсушаване и разтопяване.

Плазмено разтопяване е технология за обработване на РАО, в основата на която стои използването на шахтена пещ с горивно-плазмен ускорител на процеса на горене. Този метод е предназначен за обработването на неголямо количество високоактивни РАО. Изходният продукт е разтопена шлага, химически и биологично стабилна, опакована в стоманени варели и годна за погребване. Отпадъците които могат да се обработват са: текстил, дърво, полимери, метал и строителни отпадъци.

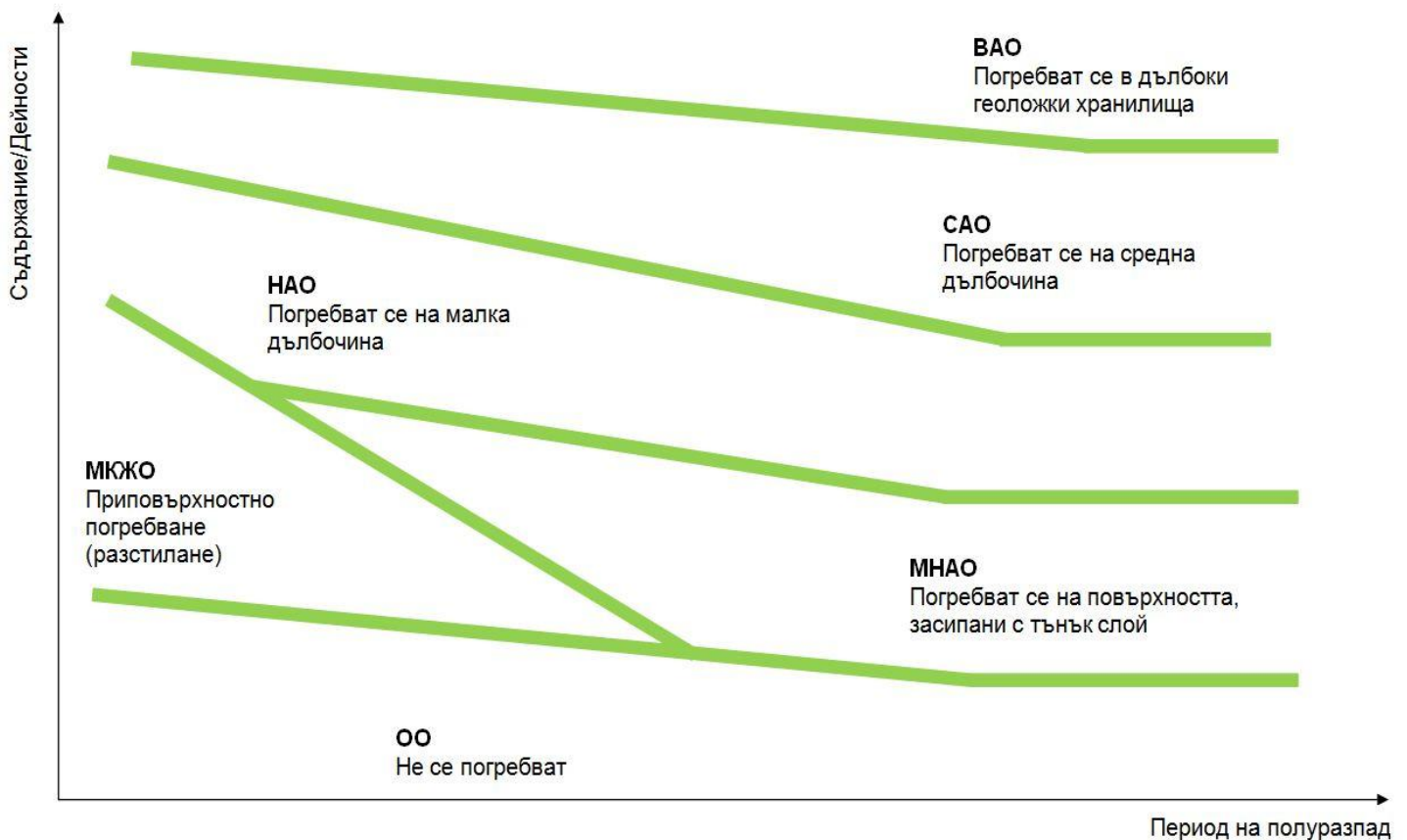
Претопяване се използва като метод на обработка на метални РАО. Чрез претопяване на метални РАО се цели намаляването на активността им до нива, позволяващи тяхното извеждане в околната среда или намаляване на обема им и преработването им във форма, пригодна за погребване. Намалява се нивото на замърсяване (дезактивация) на отделните РА-нуклиди в зависимост от техните термодинамични свойства, следствие на разграничаване между разтопеното вещество, шлаката и пещните газове. Най-широко разпространени са технологиите, в основата на които лежи претопяването на РАО в индукционни пещи.

Деактивация е процес на отстраняване или намаляване на радиоактивното замърсяване от повърхност или оборудване чрез прилагане техниките на механично, химично или електрохимично въздействие. При дезактивацията на РАО се избягват високите разходи за погребване, редуцира се дозавото натоварване и се опазва околната среда. Прилага се най-често при метални РАО от извеждането на централи от експлоатация като обикновена, черна, алуминиева, поцинкована и рифелна ламарина, ламарина от неръждаема стомана, тръби от въглеродна и неръждаема стомана, технологична арматура и други елементи от оборудване, машини и съоръжения.

Заклучителна преработка и погребване

След завършване на процеса по обработка РАО добиват форма, пригодна за постоянно обезвреждане чрез погребване. За тази цел може да се използват различни видове опаковки – варели и контейнери, но най-често се използват контейнери, както поради размерите им, така и поради положителните им характеристики по отношение на безопасността. Крайният продукт от обработването на радиоактивните отпадъци може да бъде опакован в една или в две обвивки, в зависимост от свойствата на този продукт и от критериите за приемливост, установени за местата за погребване. В контейнер се поставят следните продукти на обработка: варели с битумирани, циментирани или остъквени продукти, пресовани отпадъци и др., таблетки получени след пресоването на варели с метални и други отпадъци при високо налягане, свободни, без опаковка – бетонен чакъл, метални отпадъци, отливки от разтопени метали. Отпадъците в опаковка или без нея се поставят в контейнер, който се затваря със заключващо устройство, а през заливен отвор се извършва заливане на отпадъците с активната или слабо активната смес за фиксиране (придобиване на формоустойчивост), главно с цел придобиване на механичната стабилност (устойчивост) на отпадъците в контейнера. Обемът в контейнера се уплътнява на вибрационно устройство, а след процеса на втвърдяване на бетонната смес, продължаващ в 28 дни, контейнерът се превозва в хранилище за съхраняване, преди транспортирането му до съоръжение за погребване на РАО.

Погребване означава разполагане на отработено гориво или радиоактивни отпадъци в подходящо съоръжение, без намерение за последващо извличане. Хранилищата за погребване биват подземни и повърхностни. Ниско и средно радиоактивните отпадъци от атомни електроцентрали в тяхната преработена форма обикновено се подлагат на надземно или подземно погребване. Погребването (отстраняването) на РАО е последният етап от дейностите в системата за управление на РАО. Окончателно обезвреждане на радиоактивните отпадъци чрез погребване се базира на общоприетия принцип, че човечеството няма право да затруднява бъдещите поколения с последствията на своята дейност. В следствие на това е необходимо да се осигурят такива условия, при които отпадъците, намиращи се на мястото за погребване никога няма да предизвикат по-високо радиационно натоварване на населението, отколкото е допустимо понастоящем. На графиката отдолу са показани технологиите за окончателно погребване на РАО спрямо времето, в продължение на което те представляват опасност (период на разпад на нуклидите).



Обобщение

Методите и технологиите за обработка и съхранение на РАО са достатъчно развити, че да позволяват набор от индивидуални или комбирирани подходи при управлението им напълно безопасно. За всяка технология използваща такива отпадъци трябва да се изберат най-подходящите методи за обработка с цел най-голяма икономическа и екологична ефективност. Всяка държава използваща ядрена енергия трябва да има ясно структурирани стратегии, планове и правила за използване и управление на РАО и Ядрено гориво. В общ план е задължително да съществува съгласуване и взаимопомощ между страните използващи ядрена енергия в полза на развитието на Ядрената енергетика.