

Преработване и съхранение на радиоактивни отпадъци

Димитринка Атанасова

Резюме: В дадения доклад са разгледани методи и начини за преработка и съхранение на радиоактивни отпадъци, площадки за съхранение, предпазни мерки при преработка и съхранение.

Processing and storage of radioactive waste

Dimitrinka.Atanasova

Abstract: In this paper are discussed methods and procedures for the processing and storage of radioactive waste, storage sites, precautions for processing and storage.

1. Въведение:

Радиоактивните отпадъци са всички отпадъчни материали, които съдържат нуклиди на атоми на радиоактивни изотопи и нямат практическо приложение. Такива материали се получават при добив на радиоактивни руди, при производство на атомна енергия, както и в научноизследователски лаборатории. Освобождаването от радиоактивните отпадъци се регулира стриктно от международни споразумения. След извличане на полезните вещества и намаляването на радиоактивността, радиоактивните отпадъци (при възможност винаги в твърда форма) се опаковат в здрави метални контейнери и заравят надълбоко под повърхността на земята или под морското дъно. Подходящи за целта са устойчивите геологични формации.

Според данни на Световната ядрена асоциация (WNA), ядрената енергетика генерира по-малко от един процент от общото количество индустриални отпадъци в света. Тяхното надеждно съхранение гарантира безопасността им за хората и околната среда. По доказани констатации на WNA ядрената енергетика е единственият промишлен отрасъл, който поема пълна отговорност за всички отделени в процеса на работа отпадъци и напълно заплаща разходите за тяхното съхранение и утилизация.



Фиг.1 Схема на генериране на радиоактивни отпадъци

2. Ядрена програма на Република България.

Ядрената програма на Република България стартира през 1970 г. със строителството на 1-ви енергоблок на АЕЦ „Козлодуй“. В продължение на 20 години на същата площадка са изградени още 5 енергийни блока.. Общата инсталирана мощност на АЕЦ „Козлодуй“ до 2002г. е 3760 МВт – 4 блока по 440 МВт и 2 блока по 1000 MWt. В изпълнение на ангажиментите на страната по присъединяване към Европейския съюз и в съответствие с Решение на МС №848/19.12.2002г. първи и втори блок на АЕЦ „Козлодуй“ са изключени от националната енергийна система на 31 декември 2002 г. В изпълнение на Решение на МС №52/21.12.2006г., на 31 декември 2006 г. са спрени трети и четвърти блок. Понастоящем 1 – 4 блок се експлоатират в състояние “Е” съгласно технологичния регламент за експлоатация, който предвижда съхранение на ОЯГ в приреакторните басейни.



Фиг.2 АЕЦ Козлодуй

На площадката на АЕЦ “Козлодуй” е изградено Хранилище за отработено гориво (ХОГ), което е в експлоатация от 2002г. На същата площадка се изгражда Хранилище за сухо съхранение на отработено гориво, за което е издадено разрешение за строителство от Председателя на Агенцията за ядрено регулиране със срок до 03.12.2011г.

Министерският съвет на Република България взе Решение No 260 от 8 април 2005 г. за изграждане на АЕЦ “Белене”.

Със Заповед на No РД-22-512 от 21.12.2006 г. на Председателя на АЯР е одобрена площадка за разполагане на ядрено съоръжение - АЕЦ „Белене”.

Агенцията за ядрено регулиране издаде Разрешения № Б-3281/14.05.2007г. и № Б-3291/18.06.2007 за проектиране на ядрено съоръжение. В обхвата на проектиране са включени сградите, съоръженията или инсталациите, разположени на площадката, които имат основно, спомагателно и обслужващо предназначение и които са пряко

необходими за въвеждането в експлоатация и за експлоатацията на блоковете, включително за:

- манипулиране, превозване на площадката, съхраняване и обработване на радиоактивните отпадъци (РАО), получени от експлоатацията на блоковете;
- манипулиране, временно съхраняване и контрол на свежо ядрено гориво;
- манипулиране, временно съхраняване и контрол на отработено ядрено гориво.

На 23.10.2007 г. България получи положително становище на Европейската комисия в съответствие с Член 105 от Договора за Евратом.

На 07.12.2007 г. България получи положително становище на Европейската комисия в съответствие с Член 41-44 от Договора за Евратом.

С Решение №683 от 25 юли 2005г. Министерският съвет на Република България възложи на Държавното предприятие „Радиоактивни отпадъци“ да изгради Национално хранилище за погребване на радиоактивни отпадъци. От Председателя на АЯР е подновено разрешение No НХ-3489 от 03.05.2010г. за избор на площадка със срок до 05.05.2011г.

С приемането на Решение №839 от 20 декември 2008 г. на Министерския съвет на Република България стартират реалните дейности по извеждане от експлоатация на блокове 1-2 на АЕЦ „Козлодуй“ ЕАД.

Като част от световното ядрено семейство, АЕЦ "Козлодуй" носи своята социална отговорност за обезопасяването и надеждното съхранение на радиоактивните отпадъци (РАО) - следствие от експлоатацията на централата. В АЕЦ "Козлодуй" се реализира последователно управление на РАО и отработено ядрено гориво (ОЯГ), съобразено с най-новите технологични постижения и с изискванията на националното законодателство и на Международната агенция за атомна енергия (МААЕ).

3. Видове ядрени горивни цикли

Определят се три основни типа горивни цикли в зависимост от това дали отработеното гориво се преработва:

- затворен горивен цикъл – преработване (регенериране на ОЯГ);



Фиг.3 Схема на затворен ядрено горивен цикъл

- отворен горивен цикъл – ОЯГ не се преработва и дялящите се материали не се връщат в горивния цикъл;

Принципна схема на отворен ЯГЦ



Фиг.4 Схема на отворен ядрено горивен цикъл

- комбиниране на затворен и отворен цикъл.

В случаите, когато се използват елементи от двата подхода, се получава така нареченият комбиниран горивен цикъл.

Отработеното ядрено гориво може да се разглежда като РАО или да се подложи на преработка.

При преработването на ОЯГ топлоотделящата сборка се разрязва и се подлага на радиохимично преработване. В процеса на радиохимично преработване се извършва отделянето на ценни компоненти чрез разтваряне (PUREX процес) – уран, плутоний, части от продуктите на делене за производство на изотопи и ценни материали. В резултат на процесите на регенерация и обработване по-голямата част от материалите на топлоотделящата сборка се връща в горивния цикъл или за използване в промишлеността, а само малка част се третира като радиоактивен отпадък и не подлежи на последващо използване.

Заклучителният етап на управлението на радиоактивните отпадъци от ЯГЦ предполага тяхното втвърдяване - това е процес на остъкляване във фосфатна (Русия) или ацетатна (Франция, Япония, Англия) форма, включването им в устойчива матрица и погребването им в надеждни геоложки формирания.

4. Характеристика на страната по отношение на ядрено-горивния цикъл (ЯГЦ).

От казаното до тук се разбира, че България не разполага с възможности за реализация на пълен ЯГЦ. Това означава, че по отношение на отработеното ЯГ са възможни следните три варианта –

1. изпращане в други държави, разполагащи с потенциал за извличане от ОЯГ на компоненти за повторно използване в реакторни инсталации без връщане на високоактивни отпадъци за погребване;

2. погребване на ОЯГ на територията на страната;
3. изпращане в други държави, разполагащи с необходимия потенциал за извличане от ОЯГ на компоненти за повторно използване в реакторни инсталации и връщане на високоактивни отпадъци за погребване.

Подход при управлението на РАО в АЕЦ "Козлодуй"

Политиката на ръководството на "АЕЦ Козлодуй" в областта на управлението на РАО и ОЯГ е базирана на изискванията на Единната конвенция за безопасност при управление на отработено гориво и безопасност при управление на РАО, Закона за безопасно използване на ядрената енергия (ЗБИЯЕ) и Националната стратегия за безопасно управление на отработеното гориво и РАО. Политиката има за цел защита на човешкото здраве, опазване на околната среда, защита извън националните граници.

Видове РАО

При експлоатацията на АЕЦ "Козлодуй" се получават два основни потока радиоактивни материали - ниско и средноактивни течни и твърди отпадъци и високоактивно отработено ядрено гориво. 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. По този начин като краен отпадък остават само 5% от първоначалното количество ОЯГ. РАО, получавани в "АЕЦ Козлодуй", се разделят на две основни групи - течни и твърди.



Фиг.5 Радиоактивни отпадъци

Течни РАО

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, комплексообразователи, 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.

Твърди РАО

Твърдите РАО, които се получават в резултат на обслужването и ремонта на съоръженията в АЕЦ, са предимно ниско и средноактивни отпадъци. В съответствие с проекта на енергоблоковете на АЕЦ "Козлодуй" на площадката на централата има изградени специални съоръжения за съхранение на двата основни вида РАО. В отговор на световните тенденции към трайно намаляване на обема на съществуващите РАО, атомната централа изгради специален комплекс за преработка, кондициониране и съхранение на РАО, с което се създаде възможност за отговарящо на всички съвременни изисквания управление на РАО.

5. Специфични политики и главни насоки за развитие при управлението на отработеното ядрено гориво и високо активните радиоактивни отпадъци в Република България

Политиката при управление на отработеното ядрено гориво е определена в националното законодателство (ЗБИЯЕ и наредбите по неговото прилагане). Тя съответства на изискванията на Единната конвенция за безопасност при управление на отработено гориво и за безопасност при управление на радиоактивни отпадъци и на европейското право.

Управлението на ОЯГ ще се развива в следните насоки:

- Отработеното ядрено гориво, генерирано на територията на страната, е материал, съдържащ полезни компоненти. Този материал следва да се преработва в страната на произход на горивото или на международно равнище по взаимно изгоден икономически, технологичен и екологичен начин;
- Отработеното ядрено гориво, за което преработката е доказано икономически нецелесъобразна, се определя за радиоактивен отпадък по реда на ЗБИЯЕ и може да бъде управлявано по концепцията „отложено решение за последващо използване“ при условие да бъде съхранявано с възможност за извличането му;
- При дълговременното съхранение във варианта „отложено решение“ отработеното ядрено гориво трябва да се съхранява с използване на технологията сухо съхранение;
- В дългосрочна перспектива, при отчитане на глобалния и общеевропейски консенсус за дълбоко геоложко хранилище, се приема, че това е най-подходящият вариант за трайно гарантирана безопасност при изолирането на високоактивни и дългоживущи радиоактивни отпадъци;
- Отчитайки геоложките и климатичните условия на страната, законодателството, обществените настроения, финансовите възможности и обема високоактивни радиоактивни отпадъци вкл. ВАИЙЛ, се приема за целесъобразно участието на страната в проекти на регионални и международни инициативи.

Следва да се има предвид, че търсенето на международни решения не трябва да застрашава текущата национална програма.

6. Методи за обработване и преработване на замърсени отпадъци

Твърдите радиоактивни отпадъци се категоризират в три категории:

- категория 1 – преходни РАО, които могат да бъдат освободени от контрол след определен период от време;
- категория 2 – ниско- и средноактивни отпадъци;
- категория 3 – високоактивни отпадъци.

Категоризация на РАО

1. Категория 1 - преходни РАО, такива, които могат да бъдат освободени от контрол след подходящо обработване и/или временно съхранение за период от време, не по-голям от 5 години, при което тяхната специфична активност намалява под нивата за освобождаване от контрол.

2. Категория 2 - ниско- и средноактивни отпадъци, съдържащи радионуклиди в концентрации, при които не се изискват специални мерки за отвеждане на топлоотделянето при съхранение и погребване. Радиоактивните отпадъци от тази категория се категоризират допълнително на:

а) категория 2а - ниско- и средноактивни отпадъци, съдържащи главно кратко живеещи радионуклиди (с период на полуразпад, по-кратък или равен на периода на полуразпад на Cs-137), и дългоживеещи α -активни радионуклиди със специфична активност, по-малка или равна на 4.106 Bq/kg за отделна опаковка и по-малка или равна на 4.105 Bq/kg в целия обем на РАО;

б) категория 2б - ниско- и средноактивни отпадъци, съдържащи дълго живеещи α -активни радионуклиди (с период на полуразпад, по-дълъг от периода на полуразпад на Cs-137) със специфична активност, надвишаваща границите за категория 2а;

3. категория 3 - високоактивни отпадъци, в които концентрацията на радионуклиди е такава, че топлоотделянето трябва да бъде взето предвид при съхранение и погребване.

Течните и газообразните РАО се категоризират в съответствие с изискванията към характеристиките на твърдите РАО, които се очаква да бъдат получени след тяхното кондициониране.

В случаите, в които не е налична технология за кондициониране на конкретния вид течни или газообразни РАО, категоризацията се извършва като се вземат предвид най-добрите съвременни технологии за кондициониране.

6.1. При подготовката (кондиционирането) на РАО се използват основно следните методи:

- ✓ Битумиране
 - ✓ Включване в полимери
 - ✓ Циментиране
 - ✓ Остъкляване
-
- ✓ Битумиране. Процес, при който твърдите РАО се включват в битумна матрица, чрез което се постига имобилизация на радионуклидите. Може да се използва и за концентрирани течни РАО. Извършва се в смесители.
 - ✓ Включване в полимери. Процес, при който твърдите РАО се включват в матрица от термопластични полимери, чрез което се постига имобилизация на радионуклидите. Използва се за сухи хомогенни РАО. Извършва се в екструдери.
 - ✓ Циментиране. Процес, при който твърдите РАО се включват в циментова матрица. Използва се за имобилизация на радионуклидите, съдържащи се в хомогенни и нехомогенни течни и твърди ниско- и средноактивни РАО.

Извършва се в смесители или чрез директно запълване на свободното пространство на контейнери, съдържащи опаковани или неопаквани РАО.

- ✓ **Остъкляване.** Процес, при който твърдите РАО се включват в стъклена матрица. Използва се за имобилизация на радионуклидите и високоактивни РАО. За остъкляване се използват високотемпературни пещи, калцинатори и др.



Фиг.6 Машина за пресоване на твърди радиоактивни отпадъци

а) Описание- Битумиране на РАО

Битумирането се заключава в смесване на обработваните концентрати с нагрят до 120-200 °С битум. Позволява включването до 40-50% на радиоактивен сух остатък.

Област на приложение

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.

Битумирането представлява термичен процес на фиксиране, при който РАО се смесват с разтопен битум. При температури от 160-200 °С остатъчната влага, съдържаща се в РАО се изпарява, като образуващите се соли заедно с радионуклидите се фиксират, т.е. придобиват формоустойчивост в битумната

матрица. В резултат на процеса на битумиране се получава продукт, съдържащ фиксирани соли и радонуклиди, и чист или слабо замърсен кондензат от вторичната пара. В процеса на битумиране се втвърдяват радиоактивните концентрати, максималната стойност на специфичната бета и гама активност със стойности от порядъка на 108 Bq.kg-1.

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. След изпаряването на водата се извършва съответното опаковане на битумният продукт (за тази цел се използват главно стоманени варели). Битумът се състои от смес на въглеводородни деривати с неголямо количество серни, кислородни и азотни съединения. Произвеждат се няколко вида битум (непосредствено дестилирани, продукхани, крекингови, битумни емулсии). В процеса на битумиране произтичат физикохимични процеси на сорбция на съединенията на РА концентрати с въглеводородите на битума. За битумни установки със слоест/филмов роторен изпарителен апарат по правило се използват меки видове битум.

-Предимства

- ниска разтворимост във вода
- висока издръжливост по отношение дифузията на вода
- висока химическа инертност
- добра биологична инертност
- висока степен на пластичност
- добра издръжливост по отношение на радиационни въздействия
- висока скорост на фиксиране
- достъпност на материала и цената му

-Недостатъци

- намаляване на вискозитета при повишаване на температурата
- горимост (въпреки че е трудно да се запали)
- способност за химическо взаимодействие с някои химични съединения (нитрати)
- нисък коефициент на топлопроводимост
- тенденция към набъбване

b) Описание- Циментиране

Циментирането на РАО е метод за фиксиране (придобиване на формоустойчивост) на твърди и течни РАО в циментова матрица.

Област на приложение

Намира широко приложение при втвърдяване на ниско- и средноактивни, твърди и течни РАО. В България се използва този метод на преработване на РАО.

Циментирането на РАО представлява метод за фиксиране (придобиване на формоустойчивост) на твърди и течни РАО в циментова матрица. От гледна точка на спазването на точна дозировка на суровините този метод се отнася към един от най-взискателните методи за втвърдяване на РАО. Точността на дозиране на суровините е важна за съблюдаване на стойностите на водосвързващия коефициент на дадения тип цимент или на цимент с добавки.

Въпреки че циментирането е от така наречените студени методи, значителна роля в процеса на циментиране на РАО играе екзотермичният процес на хидратиране на компонентите на цимента. Видовете цимент, основен компонент на които са окисите на калций, алуминий и силиций, при смесването им с вода в зададено съотношение (това съотношение зависи от стойността на водосвързващия коефициент), образуват хидратни форми на приведените окиси (структури на хидрогела), като в резултат на реакцията се образува значително количество топлина. Това явление се смята за нежелателно, тъй като при по-високи температури изпаряването на вода от циментовата каша се повишава, а като следствие от това се образуват микроразкъсвания, водещи до нарушаване на изискваната дългосрочна цялостност на резултатния циментиран продукт. 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.). Тези добавки твърдо свързват радионуклидите в своята структура, като така значително се намалява скоростта на миграция на радионуклиди. 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.

-Предимства

- ниска цена
- относително проста технология
- висока химическа инертност
- високо ниво на твърдост
- негоримост
- достатъчно ниво на измиваемост за много ключови радионуклиди
- високата плътност на продукта е условие за добро самоекраниране
- добра издръжливост по отношение на въздействието на радиация
- достъпност на материала и приемлива цена

-Недостатъци

- способност за химическо взаимодействие с някои химични съединения (лимонена киселина)
- необходимост от изменение рН на концентрата

- изменение на обема и топлопроводимостта в процеса на втвърдяване на сместа

с) Описание- Включване в полимери

Включването в полимери се заключава в смесване на обработваните сухи РАО с полимери (напр. полиетилен, полиестер, винил естер), нагreti над температурата на пластифициране в подходящи съоръжения (напр. екструдери) и последващото им охлаждане във форми или опаковки.

Област на приложение

Използва се като алтернатива на фиксиране чрез циментиране.

От термопластите, т.е. пластичните материали, лесно поддаващи се на промяна на формата под въздействието на топлина, за фиксиране (получаване на формоустойчивост) на РАО се използва главно полиетилен. Полиетиленът може да се използва за втвърдяване на обработени течни отпадъци, сухи соли и йонити. В Холандия, в АЕЦ в Борсеел, такава матрица се използва за втвърдяване на радиоактивни концентрати. Изпаряването на вода от радиоактивния концентрат се осъществява в процеса на смесване на РАО с полиетилен в екструдер. Методът за втвърдяване се базира на изсушаването на сухи радиоактивни йонити в хоризонтална ротационна сушилна и на последващото смесване на сухите радиоактивни йонити с разтопена смес на полиетилен и парафин в екструдер. Измиваемостта на изотопа ^{137}Cs от този продукт е с 3-4 порядъка по-ниска, отколкото от циментова матрица.

Използването на втвърдяващи матрици от този тип (термопласти) е било щателно проверено в рамките на относително широка изследователска програма на центъра за Ядрени изследвания в RISO, Дания, относно използването за полипропилен за фиксиране. Използването на полипропилен като фиксираща матрица все още не е намерило широко разпространение.

d) Описание-Изгаряне (изпепеляване)

Методът се заключава в изгаряне на горими замърсени материали в подходящи съоръжения, събиране на твърдия остатък и филтриране на изходящите газове.

Област на приложение

Методът е приложим за обработването на замърсени в различна степен (от слабо замърсени до силно замърсени) твърди горими РАО като полимери, органични йонити, текстил, хартия и т.н., и органични течности (замърсени масла).

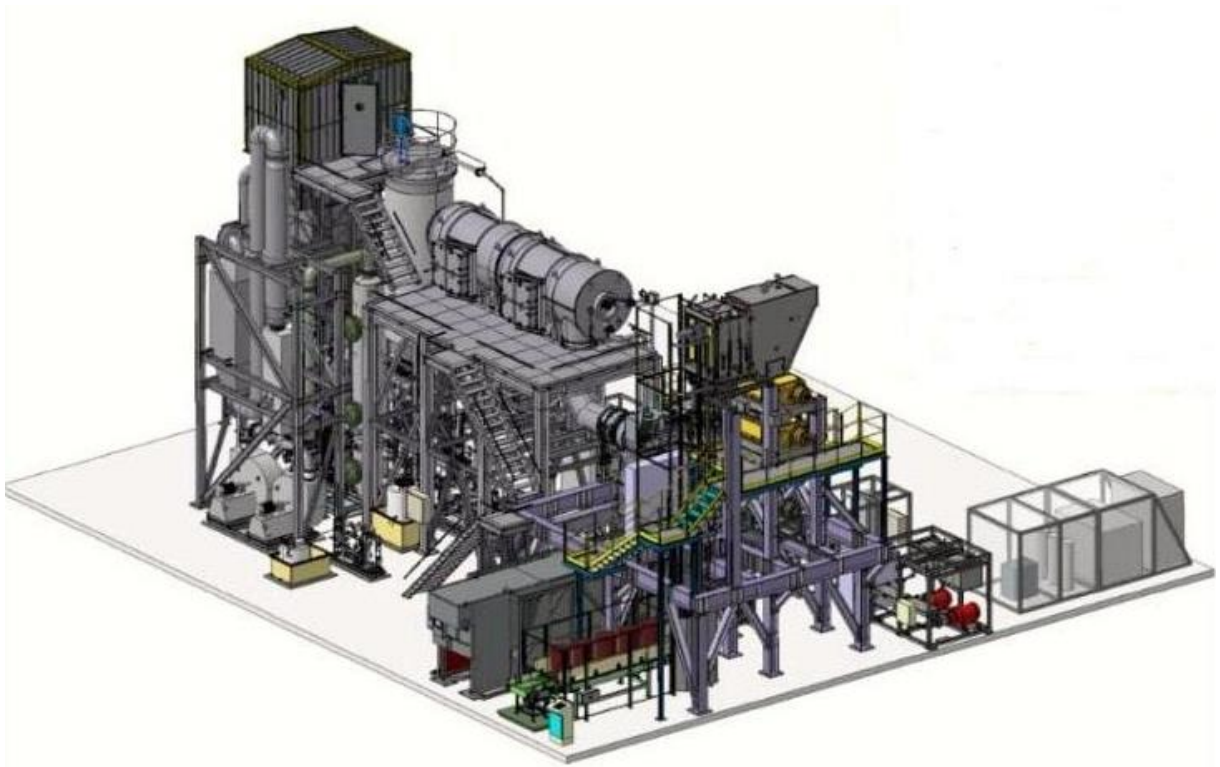
Методът на изгарянето (изпепеляването) на горими материали се прилага с цел намаляване на обема отпадъци, съдържащи органични материали и привеждането им във форма, пригодна за фиксиране в съответна матрица (например циментиране). Този метод е приложим за обработването на замърсени в различна степен (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). Чрез изгаряне е възможно да се постигне висок коефициент на намаляване на обема (100-110) и висок коефициент за намаляване на масата (10-12). Дезактивационният фактор на α - и β -активността е повече от 10^5 , а за ^{35}S е приблизително 10^3 . Резултатният продукт представлява пепел с висока степен на концентрирана активност (специфичната активност е по-голяма приблизително 100 пъти от тази на входните отпадъци) и продукти на горенето, които се очистват допълнително в система за почистване.

Преди подлагането на изгаряне отпадъците се сортират, при което се отстраняват взривоопасните вещества и материалите, отделящи отровни и корозиращи газове. Сортирането подпомага правилното еднородно зареждане на пещта, вследствие на което се възпрепятства преминаването на неизгорели частици в изходните газове. Неподходящи за обработка чрез изгаряне са вещества, които при горене отделят силно агресивни компоненти в изходящите газове, като например халогенизирани пластмаси, отделящи HCl, HF, които могат да повредят системата за филтрация и екстракция на газовете. При специалните методи за изгаряне се използват по-високи температури (от 1200 °C до 1600 °C). 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.

6.2. Високотемпературни технологии

Към високотемпературните технологии за обработка и кондициониране на РАО могат да се отнесат:

- Обработка на РАО чрез добавяне на керамични примеси
- РЕМ технология за обработка на РАО



Фиг.7 Съоръжение за плазмено изгаряне на радиоактивни отпадъци

а) Описание-Обработка на РАО чрез добавяне на керамични примеси

Обработка на РАО чрез добавяне на керамични примеси е процес на смесване, таблетирание и последващо изпичане на керамична маса и радиоактивни отпадъци с подходящ гранулометричен състав.

Област на приложение

Обработка на РАО чрез добавяне на керамични примеси се използва за обработка на прахообразни ниско- и средноактивни материали като замърсени

почви и др. Обработката на PAO чрез добавяне на керамични примеси като метод за обработване и окончателно преработване на PAO е бил особено задълбочено разработен във Франция, въпреки че неговото разработване е извършвано и в много други страни.

Франция: В технологично отношение този метод представлява филтриране на утайките под вакуум, изсушаване на получения продукт и неговото смесване с керамичните добавки (главно с глина). След това сместа се разбърква и от нея се правят таблетки, които се подлагат на керамизация при температура приблизително 1200 °C. Резултатният продукт съхранява дълго време много добри свойства.

Русия: Във фирма RADON (РФ) е разработена технология за обработване и окончателно изчистване на замърсена почва, в основата на която лежи добавянето на CaCl_2 (NaCl , NaNO_3) в замърсената почва. Тази смес след разбъркване се подлага на нагряване при температура 700 – 1000 °C в течение на един час. При това се образуват хидравлично активни фази, които се държат по отношение на водата като типични видове цимент, а по този начин при смесване с вода (водосвързващо отношение 0,3) се получава твърд, неразрушаващ се продукт, който се поддава на опаковане и погребване. Благодарение на използването на тази технология обемът на замърсените почви се намалява 2 – 3 пъти.

б) Описание-PEM технология

Методът се базира на комбиниране на процеса на изпепеляване на различни материали на повърхността на разтопената стъкломаса и въвеждането на образуващите се твърди неорганични продукти на изпепеляване в стъклена сплав, нагрявана от плазма.

Област на приложение

Използва се за обработка на утайки, наситени неорганични и органични сорбенти, масла, органични вещества, замърсени почви, филтри, стъкло, бетон, изкуствен материал, гума, дърво, хартия и др. Зоната на плазмата е с температура над 3000 °C и е способна да осъществи разтапяне на металите и “турбо” смесване на зоната на остъкляване. Тези процеси протичат в един реактор. Резултат от разтопяването (варенето) е стъклен продукт (витрификат) и разтопени метали. Органичните вещества, съдържащи се в отпадъците и подлагащи се на въздействието на дъгова плазма, пирогенизират, влизат в реакция с парата и образуват смеси на CO , H_2 , HCl и H_2S . Неорганичните вещества се разлагат на окиси и се разтварят в течната фаза. Всички присъстващи метали се концентрират на дъното на съда за варене под стъкломасата.

Газовете, получаващи се в процеса на варене, се почистват в скрубери (газопромивна инсталация). Процесът PEM е снабден с високоефективна система за газоочистване; средната стойност на ефективността на захват на аерозолни частици е > 92%.

Средната стойност на фактора на намаляване на обема в процеса PEM е 200, а средната стойност на фактора за намаляване на масата е 10 – при пресмятане на витрификат. Дезактивационният фактор за цезий достига стойност 100. Резултатният продукт (витрификат) има типични свойства на остъкляващата матрица, т.е. има много ниски стойности на измиваемост, а по-точно в диапазона от 10^{-6} до 10^{-9} g/cm²/ на ден. Степента на солезапълването на витрификата (фактора на остъкляване) достига 30 – 50 % от тегловния процент в зависимост от вида на обработваемите отпадъци, от избраният тип основна стъкломаса и т.н. Чрез този

метод се обработват и утайки, наситени неорганични и органични сорбенти, масла, други органични вещества, замърсени почви, филтри, стъкло, бетон, изкуствен материал, гума, дърво, хартия. Независимо от някои предимства, технологията PEM се използва ограничено за обработване PAO.

6.3. Обработване на високоактивни отпадъци

Към методите за обработка на високоактивни PAO могат да се отнесат:

- Остъкляване
- Плазмено разтопяване
- Технология на студения тегел

а) Описание- Кондициониране на PAO чрез остъкляване

Остъкляването на PAO е метод за фиксиране (придобиване на формоустойчивост) на твърди PAO в матрица от стъкло.

Област на приложение

Остъкляването се използва предимно за фиксиране на сухи високоактивни PAO като концентрати и наситени йонити. Технологията за остъкляване е предназначена за обработване на високоактивни PAO. В съответствие с този метод радионуклидите се фиксират (придобиват формоустойчивост) в стъклена или стъкло-керамична матрица при температура приблизително 1000 °C.

Концентратите, резултат от експлоатацията на реактори тип ВВЕР, също са подходящи за процеса на остъкляване, тъй като в тях се съдържат голямо количество борати и алкални йони, които са съставна част на стъклената решетка. След добавяне на относително малко количество стъкло, образуващи инградиенти и отстраняване на излишната вода, може да се достигне голям коефициент на намаляване на обема, а също така съществено качество на крайния продукт, в сравнение с процесите на циментиране или битумиране. Този метод е подходящ и за преработване на наситени йонити. 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.

Съставна част на съоръжението е изпарителният апарат, предназначен за съгъстяване на течните PAO; образуващият се кондензат от вторична пара се почиства на сорбционни колонки. От изпарителния апарат концентратът се отправя в съд за варене, в който става разтопяване на смесите стъкломаса и концентрат, а също и изпаряване от концентрата на остатъчната влага.

Технологичният процес на остъкляване на сместа на концентрат и стъклена маса се състои от две фази – изсушаване и разтопяване. В първата фаза остатъчната влага от сместа на концентрата със стъкломасата се отстранява чрез изсушаване при температура до 300 °C. Изсушаването на сместа се явява условие за повишаване на температурата до 1050 °C, при което става разтапяне на сместа.

Във втората фаза протича процес на варене на стъкломасата със соли на хром пик (бихромат) при температура максимално до 1050 °C в инертна аргонна атмосфера, поддържана в съда за варене. Разтопената смес на соли на хром пика и стъкломасата се излива от съда за варене в опаковката – патрони. Потокът разтопена смес, изтичащ от съда за варене, и максималното ниво на разтопено вещество в патрона се следи от камери на система за наблюдение. След неколкочасово самопроизволно охлаждане продуктът се втвърдява.

b) Описание- Плазмено разтопяване

Разтопяване на РАО в шахтена пещ с горивно- плазмен ускорител на процеса на горене

Област на приложение

Използва се за обработка на високоактивни РАО. Плазменото 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. Производството на това съоръжение все още не е масово, като основните части на технологичните му възли са били изпитани по време на стендови изпитания с реални РАО. Изходният продукт е разтопена шлака, химически и биологично стабилна, опакована в стоманени варели и годна за погребване. Температурата в зоната на разтопяване достига 1650 °С; коефициентът на намаляване на обема е 10 – 100, а ефективността на системата за газоочистване както за аерозолите, така и за радионуклидите е 99,5%.

с) Описание- Технология на “студения тегел”

Заклучава се в получаването на стопилка от обработваните РАО в охлаждаем тегел с индукционно загряване.

Област на приложение

“Студеният тегел” се използва главно за обработка на високоактивни РАО или за такива специфични отпадъци като радиоактивни утайки с високо съдържание на α -нуклиди, наситени сорбенти, бихромат и т.н. Индуктивното разтопяване на окиси, протичащо с използването на така наречения “студен тегел”, представлява технологичен процес, използван главно за обработка на високоактивни РАО или за такива специфични отпадъци като радиоактивни утайки с високо съдържание на α -нуклиди, наситени сорбенти, бихромат и т.н.

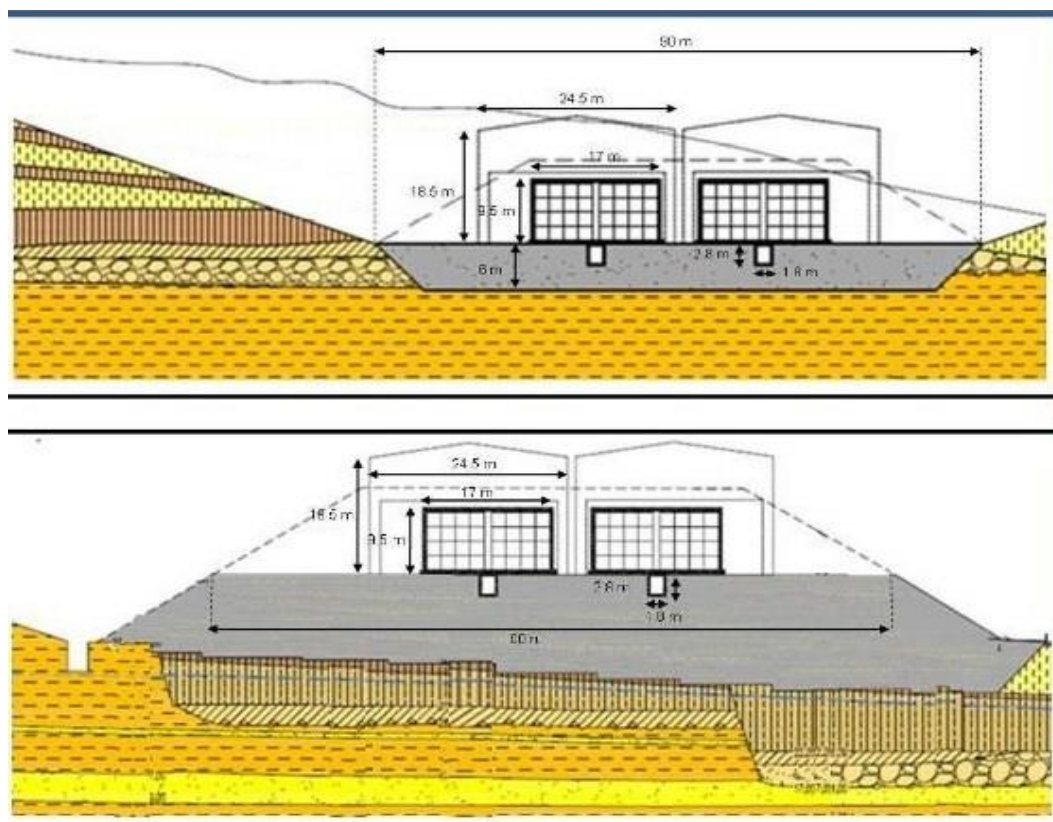
“Студеният тегел” има по правило цилиндрична или малко сплесната форма и се охлажда чрез вода. Тегелът се поставя в една или наведнъж в няколко витки на индуктора, които се захранват от високочестотен преобразовател, със средна стойност на напрежението 60, 160, 250 kV. Нагриването на вставката на “студения тегел” се осъществява чрез топлоотделянето вътре в стопилката. Стената на “студения тегел”, охлаждаема от вода, оказва такова въздействие, че разтопеният материал, намиращ се в непосредствена близост до стената се втвърдява, а по този начин образува на студеният метални стени на тегела слой с дебелина няколко милиметра. По този начин се ограничава съприкосновението на разтопяваното вещество с металната конструкция на материала, а самото топене се извършва като че ли в съд от същия материал, който представлява предмет на обработването. Температурата на стопилката достига 900 – 2000 °С, обемът на разтопеното вещество в тегела е 1,5 – 50 kg, а количеството изготвено стъкло (производителността) е приблизително 35 kg на час.

7. Места за съхранение на ниско и средноактивни отпадъци

Всяка развита държава днес генерира радиоактивни отпадъци (РАО) – от ядрена енергетика и от разнообразни ядрени приложения в медицината, селското стопанство, индустрията, научните изследвания. Ако не се събират, преработват и съхраняват надеждно, РАО биха представлявали заплаха за здравето на хората и за околната среда.

По тази причина и по силата на международни и национални документи българската държава носи отговорност пред гражданите си за безопасното управление на РАО, създадени на територията на страната. През 2004 г. се създава ДП РАО което, чрез специализираните си подразделения събира, преработва, кондиционира (обезопасява) и съхранява във временни съоръжения ниско- и среднорадиоактивните отпадъци от територията на страната и от експлоатацията на АЕЦ „Козлодуй“. На този етап в цялостния процес на управление на РАО липсва финалният момент – погребването на отпадъците завинаги. Задължително условие, за да бъде затворен цикълът, е да бъде построено подходящо за целта съоръжение, съобразено с последните технологични постижения в световната практика.

На това основание, на 25 юли 2005 г. с решение на министерския съвет, на ДП РАО е възложено да изгради Национално хранилище за краткочивеещи ниско- и среднорадиоактивни отпадъци (НХ РАО) до 2015 г. С помощта на съоръжението ще се гарантира трайно и надеждно изолиране от човека и от околната среда на преработени и кондиционирани РАО.



Фиг.8 Схема на хранилище за радиоактивни отпадъци

В резултат на правителственото решение започва целенасочена дейност за реализацията на сложен 10-годишен процес, който трябва да приключи с въвеждането в експлоатация на НХ РАО в края на 2015 г. Във времето този процес условно се разделя на три основни етапа: избор на площадка, проектиране и строителство. Първият етап от процеса е започнал значително по-рано от формалното начало на проекта – от края на 70-те години датират първите изследвания в търсене на подходящи терени за бъдещото хранилище, проведени от учени от Българската академия на науките. В последващите години са реализирани и други научни проекти в тази област, като постепенно се е създавала база с многобройни проучвания, върху която стъпват експертите от ДП РАО в първата фаза от избора на площадка. Тогава

потенциалните терени за НХ РАО са около 25 на брой. Към 2008 г. след събиране на данни и анализиране на районите са локализирани 12 площадки. От тях са избрани 4 перспективни терена, които са разгледани във фаза „характеризиране на площадките“ от първия етап – избор. В началото на 2011 г. той е към своя финал, свързан с „потвърждаване на площадката“. След извършени регионални и детайлни геолого-геофизични, геохимични, инженерно-геоложки и хидрогеоложки изследвания (формулирани в общо 22 фактора) на четирите площадки те са класирани по приемливост по следния начин:

1. Радиана
2. Маричин валог
3. Върбица
4. Брестова падина

През месец септември 2010 г. ДП РАО подготви актуализиран линеен график на дейностите за изграждане на НХ РАО, който бе одобрен от принципала – министерството на икономиката, енергетиката и туризма (днес министерство на икономиката и енергетиката). Новият график е създаден върху концепцията, че отделни елементи от следващите два етапа от проекта е възможно да протичат успоредно във времето. Този подход ще осигури по-висока ефективност и ще гарантира завършването на съоръжението в определените срокове.

Според изискванията на българското законодателство и международни спогодби проектът НХ РАО трябва да получи одобрение на населението от региона, в който ще бъде реализиран. Инвестиционното предложение на Предприятието „Изграждане на Национално хранилище за краткоживеещи ниско- и средноактивни радиоактивни отпадъци“ бе детайлно представено на три обществени обсъждания, проведени през 2011г. – на 29 март в Козлодуй, на 30 март в село Хърлец и на 7 юли в гр. Бекет, Румъния. По време на трите срещи, които преминаха при завишен обществен интерес както от българска, така и от румънска страна, концепцията за изграждане на Националното хранилище бе представена от експерти на предприятието, а резултатите от екологичната оценка на проекта за бъдещо хранилище бяха изложени от екипа, изготвил Доклада за оценка на въздействието върху околната среда (ДОВОС).



Фиг.9 Разположение на хранилище за радиоактивни отпадъци

В края на месец септември 2011 г. Висшият експертен екологичен съвет към Министерството на околната среда и водите (МОСВ) разгледа и одобри с пълно мнозинство осъществяването на предложението, с което могат да стартират дейностите по изграждането на НХ РАО.

В следствие на извеждането от експлоатация на АЕЦ "Козлодуй", въпросът с място за съхранени на отпадъците става все по належащ. В момента конструктивни материали от демонтажа на машинна зала се съхраняват на площадката на електроцентралата, очаквайки да минат през контрол по освобождаване и извозване от територията на предприятието.

НХРАО представлява съоръжение с многобариерна защита за трайно съхраняване на предварително обработени, обезопасени и опаковани в стоманобетонни кубове радиоактивни отпадъци. Хранилището ще бъде от приповърхностен траншеен тип с капацитет от 138 200 куб. метра. Съоръжението ще се състои от няколко стоманобетонни вкопани конструкции (модули), разделени от вътрешни преградни стени на камери. След запълване с опаковки тези камери се покриват със стоманобетонна плоча и се изолират от атмосферните води чрез изграждане на многопластов земнонаситен слой.



Фиг.10 Хранилище за радиоактивни отпадъци

През целия период на експлоатация на Националното хранилище ще бъде провеждан стриктен входящ контрол на постъпващите радиоактивни отпадъци, радиационен контрол и наблюдение както на площадката на хранилището, така и на околната среда.

Планирано е хранилището да бъде в експлоатация, т. е. постепенно да се запълва в следващите 60 години. През 2075 г. се предвижда то да бъде затворено, а в следващите 300 години ще е обект на постоянен контрол от страна на оторизираните органи.

8. Срокове за съхранение и генерирани количества РАО, недостатъци, затруднения.

- Състояние на хранилищата за твърди РАО:

Хранилище за РАО (СК-3), категория 2-I, 2-II: 871 m³ пресовани РАО и 15,7 m³ активирани материали. Запълненост на хранилището- около 35 % . Съхранение извън СК- 3: 700 m³ пресуеми нискоактивни отпадъци (мощност на дозата < 1μSv/h и специфична активност по-малка от 104 Bq/kg.

Очаквани годишни темпове на генериране на твърди РАО в периода 2010 – 2030 Година.

Таблица 1.

Вид РАО	Пресуеми, m ³ /a категория 2-I и 2-II	Метал, t/a категория 2-I и 2-II	Метал, t/a категория 2-III	Нискоактивни, m ³ /a(мощност на дозата по-малка от 1μSv/h)
Скорост на генериране	520	14	0,7	150

Очакваният темп за предаване на твърди РАО от хранилището в СК-3 е 100 м3 годишно.

- Състояние на хранилищата за течни РАО:

В резервоарите за кубов остатък се съхраняват общо 2100 м3 втвърден концентрат от които 1310 м3 твърда фаза, 790 м3 течност. Свободният обем е 1491 м3. В резервоарите за отработени сорбенти се съхраняват 146 м3 отработени сорбенти (йонообменни смоли, активен въглен). Свободният обем е 54 м3. В СК-3 се съхраняват около 130 м3 утайки. До момента не е разработен проект за извличане и преработване на утайки. Очаква се през периода 2010-2030 година да се генерират годишно по около 180 м3 кубов остатък. Годишно за преработване в СП "РАО Козлодуй" ще се предават около 250 м3. При предвидените темпове на генериране и предаване до десет години от исторически натрупания течен концентрат ще остане само твърда фаза.

Очаквани годишни темпове на генериране на течни РАО.

Таблица 2.

Вид РАО	Концентрат	Сорбенти	Утайки	Масла
Скорост на Генериране, м ³ /у	180	5	2	2

СП „РАО-Козлодуй“

Данни за съхраняваните в СП „РАО-Козлодуй“ РАО според вида им и броя на опаковките.

Таблица 3.

ОБЕКТ	Количество съхранявани РАО
Склад за съхранение на кондиционирани РАО /ССКРАО/ – опаковки на кондиционирани РАО - [брой]	1130 бр. СтБК (капацитет)
СтБК-1	296
СтБК-3	647
ОБЩО	943
Траншейно хранилище за временно съхраняване на твърди РАО – [м3]	386 м3 (капацитет)
Непреработени	1917
Опаковани в 210л. варели	4
Пресовани с усилие 910 т	983
ОБЩО	2904
Пресовани с усилие 910 т	386
ОБЩО	386
СтБК-2 – [бр.]	233
Площадка за временно съхраняване на тв. РАО в ГТК [м3]	420 м3(капацитет)
Непреработени	78
Опаковани в 210л. варели	125
ОБЩО	203

СП „ПХРАО – Нови хан“

В Специализираното поделение „Постоянно хранилище за радиоактивни отпадъци –

Нови хан” се приемат РАО от областта на ядрените приложения. Те се характеризират с разнообразен радиоизотопен състав, активност, варираща в широки граници и разнообразен химически състав. Към 31.12.2009 г. в СП „ПХРАО – Нови хан” се съхраняват: 83 472 ИЙЛ с Am-241 с обща активност 2,14 ТВq, 126 567 ИЙЛ, съдържащи изотопи на Pu с обща активност 2,92 ТВq, 5305 бр., съдържащи изотопи на Cs с обща активност 483 ТВq, 3626 бр., съдържащи Co-60 с обща активност 1265 ТВq, над 160 неутронни източници с активност 1,92 ТВq, 3038 бр. ИЙЛ, съдържащи Ra с обща активност 59,92 GBq, 5062 бр. ИЙЛ с C-14 с обща активност 142,70 GBq, 6100 бр. ИЙЛ с Sr-90 с обща активност 350 GBq, 21823 бр. ИЙЛ с Kг с обща активност 1,344 ТВq, както и още 4500 ИЙЛ с разнороден радиоизотопен състав с обща активност около 4,50 ТВq.

Статус на хранилищните единици в СП” ПХРАО – Нови хан”.

Таблица 4.

Обект	Капацитет, м3	Запълнен обем, м3
Хранилище за твърди радиоактивни отпадъци	237	120
Хранилище за твърди биологични РАО	80	25
Хранилище за отработени закрити източници на йонизиращо лъчение – гама-кладенец	1	0.65
Инженерна траншея за твърди РАО	1600	100
Резервоари за временно съхраняване на течни РАО	48	12
Площадка за съхраняване на РАО в ЖПК	466	310,4
Площадка за съхраняване на РАО в бетонни приемници тип	-	114
Площадка за съхраняване на нискоактивни РАО	-	331, 1

В крайната точка радиоактивният отпадък следва да е надеждно изолиран от околната среда за целия период на естествен разпад на съдържащите се в него радионуклиди. Характеристиките на крайните точки за всяка категория РАО се определят от неговия радионуклиден състав. Например: категория РАО 2а (съдържащи основно радионуклиди с период на полуразпад до 30г.) могат да бъдат изолирани надеждно в приповърхностни хранилища, докато за категория 2б и категория 3 (съдържащи в значителни концентрации дългоживеещи радионуклиди) хранилищата трябва да бъдат разположени в дълбоки геоложки формации.

Оценка на обема и радионуклидния инвентар на радиоактивните отпадъци до 2030г.

Таблица 5.

Поток кондиционирани РАО	Брой опаковки на кондиционирани РАО	Обем м3	Активност Bq
РАО от експлоатацията на АЕЦ „Козлодуй” – 1974-2032 г.	11 756	87 169	2,3.10 ¹⁴
1. Кондиционирани твърди РАО	2 298	17 039	3,6.10 ¹²
2. Кондиционирани течни РАО	8 714	64 613	1,4.10 ¹⁴

декантат от БКО	2 070	15 349	$5,7 \cdot 10^{13}$
„твърда фаза” от БКО	6 644	49 264	$8,7 \cdot 10^{13}$
3. Кондиционирани сорбенти и шламове	744	5 517	$8,2 \cdot 10^{13}$
РАО от извеждане от експлоатация на 1-4 блок на АЕЦ „Козлодуй”	5 690	42 191	$8,8 \cdot 10^{12}$
РАО от извеждане от експлоатация на ИРТ 2000	54	400	N.A
РАО от ядрени приложения съхранявани в СП „ПХРАО-Нови хан”	305	2 440	$5,5 \cdot 10^{14}$
ОБЩО	17 805	132 200	$7,9 \cdot 10^{15}$

Оценка на нивото на устойчивост в управлението на РАО

Съгласно определението на МААЕ, устойчивост в управлението на РАО е състоянието, при което количествата РАО, очакващи погребване не се увеличават, отпадъците са в крайна форма, изисквана за погребване и се съхраняват безопасно. Индикаторът за устойчивост се пресмята, като се отчита наличието или отсъствието на взаимосвързани, важни за безопасността материални фактори. Така индикаторът за устойчивост на управлението на РАО дава логически обоснована, максимално обективна оценка за нивото на безопасност на управлението на РАО във всеки момент. Постигането и поддържането на най-високото ниво на устойчивост е обективна демонстрация на най-високо ниво на безопасност в управлението на съответния поток РАО.

Процедурата за оценка се свежда до даване на отговор на въпроси, свързани със състоянието на двата най-важни за безопасността при управлението на РАО комплексни фактора:

- формата на отпадъка и
- крайната точка в управлението на всеки РАО (съоръжението за погребване/съхраняване на РАО).

При първия въпрос се дава ясна представа за пригодността на формата на отпадъка за съхраняване или погребване. При втория се показва готовността на съоръжението за съхраняване или погребване на РАО, които отговарят на критериите за приемане и степента на синхронизация в управлението на РАО от възникването до приемането му в крайната точка. За отговорите на всеки въпрос максималната цифрова стойност е 50. Сумарните стойности на индикатора са от 0 до 100, като най-ниската показва пълна липса на устойчивост в управлението, а най-високата съответства на максимална устойчивост.

Физически смисъл и цифрова стойност на оценъчните фактори:

Таблица 6. Фактор „Отпадъчна форма”

Фактор	Стойност	Описание
F1	0	РАО не е в приемлива форма или се знае, че няма да бъде в приемлива форма за съхраняване
F2	10	Има капацитет за преработване на РАО в приемлива за съхраняване форма
F3	25	Има капацитет за преработване на РАО в приемлива за крайната точка форма
F4	50	Инвентарът на РАО, които не са в приемлива за крайната точка форма не се увеличава

Таблица 7. Фактор „Крайна точка”

Фактор	Стойност	Описание
E1	0	Няма избрана крайна точка
E2	10	Площадката на крайната точка и проекта са одобрени
E3	25	Има работещо съоръжение, удовлетворяващо условията за избраната крайна точка
E4	50	Инвентарът на РАО неразположен в неговата крайна точка не се увеличава

Условията, на които трябва да отговарят РАО за погребване, се определят с критериите за приемане. Тези критерии се разработват въз основа на оценка за безопасността на съответното съоръжение за погребване. Те отразяват и другите изисквания към приеманите РАО, свързани с проекта на съоръжението или условията на издадените разрешения или лицензии по ЗБИЯЕ.

Посредством методиката на МААЕ е оценено ниво на устойчивост на управление на различните категории РАО в различните периоди от време.

а) Изходно, планирано и постигнато към 2010 г. ниво на устойчивост на управлението на РАО

Оценката за нивото на устойчивост е направена за основните потоци РАО за различните категории отпадъци. Съгласно индикатора на МААЕ, нивото на устойчивост на всички потоци РАО от категории 1, 2 и 3 към 2004г. има стойности от 10 до 50 за различните потоци РАО. Тя е 10 за всички безопасно съхранявани в подходящи съоръжения РАО. Към 2004 г. такива са РАО категория 1, 2б и 3 и някои РАО от категория 2а.

За някои РАО от категория 2а към 2004 г. вече има капацитет за тяхното кондициониране до подходяща за погребване форма, което значително повишава нивото на устойчивост за тези потоци РАО. Такива са декантатът от БКО на АЕЦ „Козлодуй” и твърдата фаза от БКО. Инвентарът на тези потоци РАО, които не са в приемливи за погребване форма, постепенно намалява и съгласно методиката на МААЕ нивото на устойчивост при управлението им е 50. За тях факторът „отпадъчна форма” е F4 със стойност 50. Факторът „крайна точка” е E1 и има цифрова стойност 0, тъй като все още няма избрана крайна точка (площадка за съоръжение за погребване на тази категория РАО). Цифровата стойност на оценката за нивото на устойчивост на този поток РАО към 2004г. е сумата $F4+E1=50+0=50$ г.

Планиран е избор на площадка за НХРАО (крайна точка за категория 2а РАО) през 2009, което би повишило нивото на устойчивост на управление на тази категория РАО с още 10 единици (от E2=10). Поради неизпълнение на изискването, към 2010 г. нивото на устойчивост остава същото, каквото е било и при приемането й.

Неизпълнението на залегналия план за управление за РАО категория 3 също оставя нивото на устойчивост на тези отпадъци в изходното му състояние. Предвиждаше се факторът „крайна точка” да се повиши от E1=0 в началото на периода до E4=50, към 2010 г. Наложително е намирането на решение за временното съхраняване на ВАО в България.

Таблица 8.

Поток РАО	2004 г.	2010 г. (план)	2010 г. (реализация)
Категория 2а			
РАО от АЕЦ „Козлодуй”			

Декантат от БКО	50	60	50
Твърда фаза от БКО	10	10	10
Отработени сорбенти и шламове	10	20	10
Твърди РАО	50	60	50
Твърди РАО от ПХРАО „Нови хан”	10	20	10
Твърди биологични	10	20	10
Отработени ИЙЛ	10	20	10
Категория 2б и РАО неудовлетворяващи критериите за приемане в НХРАО			
Високоактивни ИЙЛ	10	10	10
Категория 3	10	10	10

За категория 2б РАО и неприемливите за погребване в НХРАО категория 2а, концепцията е да се съхраняват дълговременно в надземни съоръжения на площадката на АЕЦ „Козлодуй” до приемане на решение за временно съхранение на ВАО и временно съвместно съхраняване.

б) Планиране повишаването на нивото на устойчивост в управлението на РАО за периода 2010 – 2030 година

Анализът на прилаганите международни практики показва, че за РАО категория 2а вече съществуват необходимите технически и технологични решения, които могат да осигурят достигането и поддържането на максимално високо ниво на устойчивост в управлението на почти всички потоци РАО от тази категория.

Технологиите за кондициониране на различните потоци РАО от категория 2а са достигнали нужното ниво на зрялост и получаваните при тях форми на отпадъка дават възможност за безопасно погребване на РАО в приповърхностни инженерни съоръжения при широк спектър от геологични и климатични условия.

Предвижда се изграждането и въвеждането в експлоатация на НХРАО до 2015 г. Преодоляването на натрупаното закъснение в изпълнението на тази критична за цялостното управление на РАО категория 2а е от най-висок приоритет. Разработен е план за изпълнение на коригиращи мерки. Изпълнението на този план създава обективна основа за постигане максимално устойчиво управление на ниско и средно активните краткоживеещи РАО. Един от най-сериозните проблеми при изграждането на НХРАО е особено големия обем РАО, които трябва да бъдат погребани в него и ограничените площи за неговото разполагане в близост до АЕЦ „Козлодуй”. Едновременно с дейностите по изграждането на НХРАО се изпълнява план за изграждане и усвояване на технологии за значително намаляване на обемите на кондиционирани РАО, които подлежат на погребване. Разработени са планове и е осигурено финансиране от Международен фонд „Козлодуй” за изграждане и въвеждане в експлоатация на технологии за преработване на твърдата фаза от БКО, за плазмено разлагане на твърдите РАО, за кондициониране на отработените сорбенти. Изпълнението на тези проекти осигурява неколкостратно намаляване на крайните обеми РАО за погребване. Своевременното осигуряване на работещо съоръжение за временно съхраняване на високоактивните РАО е другата критично изостанала дейност. За преодоляване на изоставането е разработен план за създаване на концепция и изграждане на съоръжение за съхраняване на ВАО на базата на съществуващите възможности в СП „ИЕ” към ДП „РАО”.

Таблица 9.

Поток РАО	2010 г.	2015 г.	2020 г.	2030 г.
Категория 2а				
РАО от АЕЦ „Козлодуй”				
Декантат от БКО	50	(F4+E4)=100	100	100
Твърда фаза от БКО	10	(F4+E4)=100	100	100
Отработени сорбенти и шламове	10	(F4+E4)=100	100	100
Твърди РАО	50	(F3+E4)=75	(F4+E4)=100	100
Твърди РАО от ПХРАО „Нови хан”	10	(F4+E4)=100	100	100
Твърди биологични	10	(F4+E4)=100	100	100
Отработени ИЙЛ	10	(F4+E4)=100	100	100
Категория 2б и РАО недовлетворяващи критериите за приемане в НХРАО				
Високоактивни ИЙЛ	10	10	(F3+E1)=25	(F3+E2)=35
Пожароизвестителни датчици (Pu-239, Am-241)	10	10	(F3+E1)=25	(F3+E2)=35
Категория 3	10	(F2+E1)=10	(F3+E1)=25	(F3+E2)=35

План график за основните дейности по изграждането на НХРАО

	Дейност	Срок
1.	Подаване в АЯР на документите за издаване на заповед за избор на площадка и разрешение за проектиране	Април 2011 г.
2.	Приемане от СЕСР на Идеен проект за НХРАО приповърхностен траншеен тип на площадка „Радана”	Ноември 2011 г.
3.	Получаване от АЯР заповед за избор на площадка и разрешение за проектиране	Януари 2012 г.
4.	Придобиване на собственост върху земята на площадката от ДП „РАО”	Юни 2011 г.
5.	Приемане от СЕСР на Технически проект за НХРАО	Март 2012 г.
6.	Внасяне в АЯР на документите за издаване на заповед за одобряване на техническия проект и за разрешение за строеж на НХРАО	Май 2012г.
7.	Получаване от АЯР на заповед за одобряване на техническия проект и разрешение за строителство на НХРАО	Март 2013 г.
8.	Получаване на разрешение за ползване на строежа	Ноември 2014 г.
9.	Подаване в АЯР на документите за получаване на разрешение за въвеждане в експлоатация на НХРАО	Декември 2014 г
10.	Получаване от АЯР на разрешение за въвеждане на НХРАО в експлоатация	Септември 2015 г.

Хранилище за ниско и средноактивни РАО – траншеен приповърхностен тип. Разработени са 8 модула за съхранение с размери 35.5 x 117 м и дълбочина 10 м, разположени в два реда по 4 бр. Запълването на модулите с контейнери с РАО, става под защитата на подвижно метално хале оборудвано с портален кран. Всеки модул е разделен допълнително на секции (ж.б. камери).

В хранилището е предвидена дренажна система за контрол на протечките от отделните камери и модули. Строителната конструкция е максимално проста и достъпна за контрол. Избраният вертикален способ на складиране на контейнерите, дава възможност за сравнително бързо изваждане на аварирал контейнер. В този случай максималният брой контейнери които следва да се извадят за да се достигне до аварираният при незапълнено хранилище е три. Не е необходима вентилационна система за самите модули. Пропуск на проекта е това че не е разработен вътрешен дренаж.

Едно от сериозните затруднения е забавянето в строежа на хранилището, в следствие на решение на Петчленен състав на Върховният административен съд /ВАС/, които окончателно отхвърли оценката за въздействие върху околната среда (ОВОС) на Националното хранилище за ниско и средно радиоактивни отпадъци. С решението на ВАС окончателно остава в сила решението на предишната инстанция (Тричленния състав на ВАС), с което бе отменено решението по оценка на въздействието върху околната среда на министъра на околната среда и водите, издадено на 10 октомври 2011 г., и преписката бе изпратена на министерство на околната среда и водите (МОСВ) за ново разглеждане.

Друг проблем със забавяне в строежа е клауза намираща се в директивата за управление на отработено ядрено гориво и на радиоактивните отпадъци до 2030г., в която не е описано ясно вида на самото хранилище, като според тази клауза може да се обжалва решението за вид на самото хранилище, в директивата е записано, че хранилището трябва да бъде дълбоко геоложко (Геоложко погребване (на РАО) разполагане на радиоактивни отпадъци в стабилна геоложка формация на дълбочина над 100 метра чрез използване на инженерни и природни бариери). Начин за справяне с този проблем е промяна в стратегията, а това може да стане с решение на министерски съвет, по предложение на министъра на икономиката и енергетиката. През март месец предстои изготвяне на нов ОВОС и разглеждането му на територията на Румъния, след което ще бъде внесен за решение в МОСВ. Очаква се до края на 2014г. да е взето окончателно разрешение за строеж на хранилището.

9. Използвана литература.

1. Стратегия за управление на отработено ядрено гориво и на радиоактивните отпадъци до 2030г.
2. Агенция за ядрено регулиране
3. Министерство на икономиката и енергетиката
4. Становище за „Избор на концепция за типа хранилище и конструкцията на съоръжението за погребване на ниско и средно радиоактивни РАО”, зап. РД-16-931 от 05.08.2010г. на министъра на МИЕ
5. Национално хранилище за радиоактивни отпадъци
6. АЕЦ”Козлодуй”
7. Интернет източници