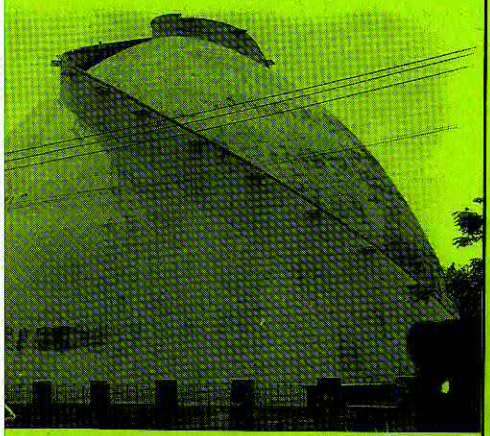
ुलाई - सितंबर 1992 वर्ष: 24 ● अंक: 3

वैज्ञानिक

हिंदी विज्ञान साहित्य परिषद की पत्रिका

भाभा परमाणु अनुसंधान केन्द्र के, सौजन्य से प्रकाशित



पटना का प्रसिद्ध गोलघर

संगोष्ठी विशेषांक

नाभिकीय ऊर्जा एवं पदार्थ

जनवरी 24 - 25, 1992

साउथ इंडियन कल्चरल हॉल,

पटना

आयोजक

हिंदी विज्ञान साहित्य परिषद, बंबई

प्रायोजक

बिहार विज्ञान एवं प्रौद्योगिकी परिषद,पटना

यूरेनियम कारपोरेशन ऑफ इंडिया लि., जादुगोड़ा

न्यूक्लियर पावर कारपोरेशन, बम्बई

पटना विश्वविद्यालय, पटना

हिन्दी विज्ञान साहित्य परिषद

हिन्दी में वैज्ञानिक साहित्य के सृजन व प्रचार प्रसार हेतु परिषद नियमित रूप से त्रैमासिक पत्रिका **वैज्ञानिक** का प्रकाशन, विज्ञा गोष्ठियों, वार्ताओं एवं अखिल भारतीय लेख प्रतियोगिता का आयोजन करती है।

परिषद की सदस्यता एवं **वैज्ञानिक** पत्रिका का शुल्क (रु) :

	परिषद सदस्यता			वैज्ञानिक शुल्क 5 रु. प्रति	
	एक वर्ष	आजीवन	प्रवेश शुल्क	एक वर्ष	तीन वर्ष
व्यक्तिगत	15	100	1	15	40
संस्थागत	25	250	1	25	70

1. वैज्ञानिक विशेषांकों का मूल्य अलग से निर्धारित होगा।
2. वर्तमान नियमानुसार परिषद के सदस्यों को वैज्ञानिक निःशल्क भेजी जाती है।
3. सभी शुल्क **हिन्दी विज्ञान साहित्य परिषद** के नाम से **डिमांड ड्राफ्ट** (बम्बई) अथवा **भारतीय पोस्ट आर्डर** द्वारा ही भेजें **कृपया बम्बई से बाहर के चैक व मनीऑर्डर द्वारा शुल्क** न भेजें।

'वैज्ञानिक' में विज्ञापन

हिन्दी में प्रकाशित होने वाली विज्ञान पत्रिकाओं में वैज्ञानिक अग्रणी है। देश के सभी मुख्य वैज्ञानिक संस्थान इसके ग्राहक हैं। इस पत्रिका में आपके विज्ञापन आमंत्रित हैं। पूरे पृष्ठ की छपाई का आकार 16 सें.मी.× 21 सें.मी. है।

विज्ञापन की दरें		(एक प्रति के लिए)
अंतिम आवरण	:	रु. 2,500/-
दूसरा/तीसरा आवरण (अंदर)	:	रु. 2,000/-
पूरा पृष्ठ	:	रु. 1,500/-
आधा पृष्ठ	:	रु. 800/-

अखिल भारतीय विज्ञान लेख प्रतियोगिता - 1993

हिंदी विज्ञान साहित्य परिषद एवं राजभाषा कार्यान्वयन समिति (भा.प.अ.केंद्र) के संयुक्त तत्वावधान में आयोजित हिंदं विज्ञान लेख प्रतियोगिता हेतु प्रविष्टियां आमंत्रित हैं। लेख में किसी भी वैज्ञानिक विषय पर आधुनिक जानकारी होनी चाहिए दो टंकित अथवा स्पष्ट लिखित प्रतियां (लगभग 3000 शब्द) **वैज्ञानिक** कार्यालय को भेजें। चित्रों को सफेद कागज पर काल रोशनाई से बनाएं और लेख के अंत में संलग्न कर दें।

पुरस्कार : प्रथम रु. 1500/-, द्वितीय रु. 1000/-, तृतीय रु. 500/-

इसके अतिरिक्त पांच प्रोत्साहन पुरस्कार व अहिंदी भाषी प्रतियोगियों के लिए दो **विशेष पुरस्कार** - प्रत्येक रु. 300/- वे दिये जायेंगे। अत: अपनी मातृभाषा का स्पष्ट उल्लेख करें।

अंतिम तिथि : 31 अगस्त 1993

विशेष : पुरस्कृत रचनाएं **वैज्ञानिक** की संपत्ति होंगी। **वैज्ञानिक** से संबंधित अधिकारी इस प्रतियोगिता में भाग नहीं ले सकेंगे **वैज्ञानिक** हेतु अन्य रचनाएं भी आमंत्रित हैं। सभी प्रकाशित रचनाओं पर मानदेय दिया जाता है।

पत्राचार का पता : श्री. ज्ञानोत्तम लाल गोस्वामी, सचिव, हिन्दी विज्ञान साहित्य परिषद, परमाणु ईंधन प्रभाग, भाभा परमाणु अनुसंधान केन्द्र, ट्राम्बे, बम्बई - 400 085

वैज्ञानिक

- व्यवस्थापन मंडल -

डा. शिव प्रकाश गर्ग

श्री ज्ञानोत्तम लाल गोस्वामी

श्री ललित कुमार

श्री राम निवास आर्य

श्री इन्द्र कुमार शर्मा

श्री दीप प्रकाश

- संपादन मंडल -

डा. जनार्दन स्वरूप

डा. गोविन्द प्रसाद कोठियाल

डा. कैलाश चन्द्र भल्ला

डा. दुर्गा प्रसाद पांडे

श्री हरि ओम मित्तल

आमंत्रित संपादक

डा. सैय्यद आफताब अहमद

- शुल्क -

भारत में

	संस्थागत	व्यक्तिगत
एक वर्ष	25 रु.	15 रु.
तीन वर्ष	70 रु.	40 रु.

विदेश में

(समुद्री डाक द्वारा प्रेषण)

	संस्थागत	व्यक्तिगत
एक वर्ष	45 रु.	35 रु.
तीन वर्ष	125 रु.	95 रु.

अनुक्रमणिका

संपादकीय

संदेश : लालू प्रसाद, मुख्यमंत्री, बिहार 5

उद्घाटन भाषण : डा. आर. चिदंबरम् 6

1. **भारतीय परमाणू उर्जा कार्यक्रम** 8
   —श्री एस. एल. काटी
2. **नाभिकीय रिएक्टर के अभिकल्पन के सिद्धांत** 15
   —श्री अनिल काकोडकर
3. **परमाणु बिजलीघरोंका प्रचालन** 18
   —श्री बी. के. भसीन
4. **अनुसंधान रिएक्टर एवं उनके उपयोग** 20
   —श्री एस. के. शर्मा
5. **नाभिकीय ऊर्जा कार्यक्रम में द्रुत प्रजनक रिएक्टरों का महत्त्व** 22
   —श्री आर शंकर सिंह
6. **रिएक्टर सुरक्षा एवं नियामक पहलू** 24
   —एस. डी. सोमण
7. **जीवविज्ञान एवं कृषि में समस्थानिकों का प्रयोग** 29
   —श्री एस. ई. पवार एवं डा. चित्तरंजन भाटिया
8. **रेडियो सक्रिय समस्थानिकों के आयुर्विज्ञानीय अनुप्रयोग** 33
   —डा. एस. एम. शर्मा
9. **भारत में यूरेनियम का सर्वेक्षण** 35
   —श्री रवि कौल एवं श्री के. के. सिन्हा
10. **यूरेनियम खनन तथा सान्द्र का उत्पादन** 40
    —श्री जे. एल. भसीन
11. **नाभिकीय धात्विक ईंधन** 48
    —ए. के. सिन्हा, श्री बी. के. शाह एवं आर. विजय राघवन
12. **मृत्तिका ईंधन** 51
    —श्री यू. सी. गुप्त
13. **आवरण एवं संरचनात्मक पदार्थ** 57
    —श्री एस. एल. मनन
14. **भारी पानी की उपयोगिता एवं उत्पादन** 58
    श्री सु. शर्मा, श्री स्वयं प्र. श्रीवास्तव एवं श्री. वि. खिलनानी
15. **दीर्घ-आयु नाभिकीय प्रबंधन** 64
    —श्री मधुसूदन कुमरा

- "वैज्ञानिक" में लेखकों द्वारा व्यक्त विचारोंसे संपादन मंडल का सहमत होना आवश्यक नहीं है।

- "वैज्ञानिक" में प्रकाशित समस्त सामग्री के सर्वाधिकार हिं. वि. सा. परिषद के पास सुरक्षित हैं।

- "वैज्ञानिक" एवं हिं. वि.सा. परिषद से संबंधित सभी विवादों का निर्णय बम्बई के न्यायालय में ही होगा।

कार्यालय :

"वैज्ञानिक", हिंदी-विज्ञान साहित्य परिषद,
सूचना प्रभाग, सेंट्रल कॉम्प्लेक्स,
भाभा परमाणु अनुसंधान केन्द्र,
बंबई - **400 085**

शुल्क भेजने का पता :
श्री ललित कुमार
कोषाध्यक्ष, हिं. वि.सा. परिषद
धात्विकी प्रभाग
भाभा परमाणु अनुसंधान केन्द्र,
बम्बई - **400 085**

16. **नाभिकीय खनिज एवं उनका उत्खनन : बिहार के परिप्रेक्ष्य में** 66
—प्रो. आर. पी. सिंह

17. **नाभिकीय ऊर्जा के उपयोग** 71
—डा. ए. के. पांडे

18. **विभूषक पौधे एवं समस्थानिक** 73
—श्री हीरामणि गुजरान एवं डा. सु. कु. दत्त

19. **भाभा परमाणु अनुसन्धान केन्द्र समाचार प्रौद्योगिकी हस्तान्तरण** 77

20. **उद्योग में रेडियो-समस्थानिक** 78
–श्री ए. बी. मजली

संगोष्ठी

नाभिकीय उर्जा एवं पदार्थ

जनवरी 24 - 25, 1992

साउथ इंडियन कल्चरल हॉल, मौर्य लोक कांप्लेक्स, पटना

उद्घाटन कार्यक्रम

शुक्रवार, 24 जनवरी, 1992

स्वागत

प्रो. आर. पी. सिंह, बिहार विज्ञान एवं प्रौद्योगिकी परिषद, पटना

संगोष्ठी परिचय

डा. सय्यद आफताब अहमद, भा. प. अ. केन्द्र, बम्बई

हिं. वि. सा. परिषद परिचय

डा. दीनदयाल सूद, भा. प. अ. केन्द्र, बम्बई

मुख्य अतिथि संबोधन

श्री बी. सी. बसाक, मुख्य न्यायाधीश, उच्च न्यायालय, पटना

अध्यक्षीय भाषण

श्री शिवनन्दन झा, मंत्री, विज्ञान एवं प्रौद्योगिकी, बिहार सरकार

उद्घाटन भाषण

डा. आर. चिदंबरम्, निदेशक, भा. प. अ. केन्द्र, बम्बई

धन्यवाद प्रस्ताव

श्री ज्ञा. ला. गोस्वामी, सचिव, हिं. वि. सा. परिषद, बम्बई

संपादकीय

संगोष्ठी : नाभिकीय ऊर्जा एवं पदार्थ

विज्ञान एवं प्रौद्योगिकी सामाजिक और आर्थिक उन्नति के शक्तिशाली साधन हैं। इन दोनों ने ही आज के विकसित देशों के विकास में मुख्य भूमिका निभायी है। भारत के वैज्ञानिक और अभियंता भी इस देश की उन्नति और विकास में हर संभव योगदान कर रहे हैं। इन्हीं का यह दायित्व भी है कि देश में जो वैज्ञानिक और प्रौद्योगिक प्रगति हो रही है, उसे जनसामान्य की भाषा के माध्यम से जनसामान्य तक पहुँचायें जिससे जनजीवन में एक वैज्ञानिक सोच पैदा हो और विज्ञान एवं प्रौद्योगिकी के विकास के लिए अनुकूल वातावरण तैयार हो।

भारत की गणना आज नाभिकीय दृष्टि से संसार के छह - सात अग्रणी देशों में होती है क्योंकि हमने संपूर्ण ईंधन चक्र में आत्मनिर्भरता प्राप्त कर ली है। ऊर्जा उत्पादन के पारंपरिक स्रोत, जलविद्युत एवं कोयले के सीमित साधनों को देखते हुए, भारतीय प्राकृतिक संपदा के संदर्भ में ऊर्जा उत्पादन हेतु नाभिकीय प्रौद्योगिकी एक उज्ज्वल भविष्य की कल्पना करती है। विद्युत उत्पादन के अतिरिक्त, नाभिकीय प्रौद्योगिकी में कई अन्य महत्वपूर्ण तकनीकें भी हैं, जैसे कि रेडियो - समस्थानिकों का उत्पादन, जिनका कृषि, उद्योग और चिकित्सा आदि में उपयोग किया जाता है।

नाभिकीय पदार्थों के प्राकृतिक उत्खनन एवं दोहन में बिहार भारत का अग्रणी प्रदेश है। नाभिकीय ईंधन चक्र में सभी वैज्ञानिक एवं प्रौद्योगिक प्रक्रियाओं का श्रीगणेश यूरेनियम उत्खनन से ही होता है। बिहार के सिंहभूम जिले में यूरेनियम खनिज के भंडार का पता वर्ष 1950 में उस समय लगा, जब समूचे सिंहभूम थ्रस्ट बेल्ट का सर्वप्रथम भू - सर्वेक्षण किया गया। जादुगोड़ा में उत्खनन कार्य वर्ष 1960 के पहले ही आरम्भ हो गया था। आज यूरेनियम अयस्क का खनन, संसाधन तथा यूरेनियम आक्साइड का उत्पादन जादुगोड़ा में हो रहा है।

बिहार के नाभिकीय कार्यक्रम का इतना पुराना इतिहास होने के बावजूद नाभिकीय ऊर्जा से संबंधित इस संगोष्ठी का आयोजन पहली बार यहाँ किया गया। "नाभिकीय ऊर्जा एवं पदार्थ" विषय पर यह द्वि - दिवसीय संगोष्ठी बिहार की ऐतिहासिक राजधानी, पटना में दिनांक 24 - 25 जनवरी, 1992 के दौरान आयोजित की गयी। यह संगोष्ठी हिन्दी विज्ञान साहित्य परिषद (भाभा परमाणु अनुसन्धान केन्द्र), बम्बई, बिहार विज्ञान एवं प्रौद्योगिकी परिषद, पटना, यूरेनियम कारपोरेशन आफ इण्डिया लिमिटेड, जादुगोड़ा, न्यूक्लियर पावर कारपोरेशन, बम्बई, तथा पटना विश्वविद्यालय, पटना के संयुक्त तत्वावधान में आयोजित की गयी। इस संगोष्ठी में बिहार सहित उत्तर प्रदेश, महाराष्ट्र, आन्ध्रप्रदेश, तामिलनाडु, मध्य प्रदेश तथा राजस्थान, सभी प्रदेशों से लगभग दो सौ मूर्धन्य वैज्ञानिक, विचारक एवं विश्वविद्यालयीन प्राध्यापक सम्मिलित हुए।

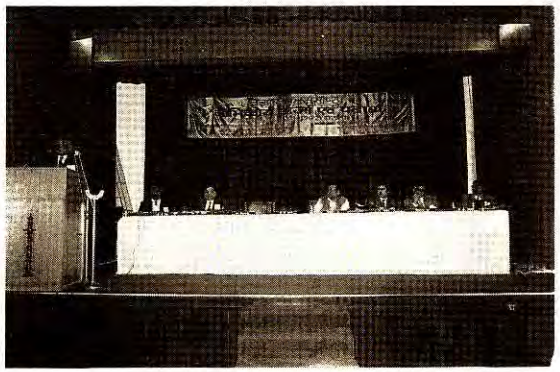
इस संगोष्ठी में भारतीय नाभिकीय ऊर्जा कार्यक्रम, संयंत्रों का अभिकल्पन एवं प्रचालन, अनुसंधान रिएक्टरों के उपयोग, विकिरणी सुरक्षा के विभिन्न पहलू, चिकित्सा, उद्योग, कृषि एवं जीवविज्ञान में रेडियो - समस्थानिकों की उपादेयता, यूरेनियम गवेषण, धात्विक एवं सिरेमिक ईंधन, पर्यावरण, भारी पानी का उत्पादन एवं प्रयोग और नाभिकीय अपशिष्ट प्रबंधन आदि विषयों पर लोकप्रिय भाषा, हिन्दी में वार्ताएं हुईं। बिहार के लिए यह बहुत गौरव और हर्ष की बात है कि देश के चोटी के 19 विशेषज्ञों ने अपनी वार्ताएं पटना में दीं। मैं उन सभी विशेषज्ञों का अत्यन्त आभारी हूँ जिन्होंने नाभिकीय विज्ञान एवं प्रौद्योगिकी सम्बन्धी आधुनिक जानकारी को सरल हिन्दी भाषा में जनसामान्य तक पहुँचाने में प्रमुख भूमिका निभायी।

यह विशेषांक इस द्वि - दिवसीय संगोष्ठी में प्रस्तुत की गयी वार्ताओं का संकलन है। मैं संगोष्ठी के उन वार्ताकारों को जिन्होंने इसके उद्देश्य की सफलता में अपना हाथ बँटा कर विज्ञान और हिन्दी भाषा, दोनों ही की उन्नति में महत्वपूर्ण योगदान दिया, तथा उन सभी कर्मचारियों को जिन्होंने बड़ी मेहनत और लगन से सभागृह के विभिन्न संचालनों का कार्यभार सँभालकर संगोष्ठी को सफल बनाया, यह विशेषांक समर्पित करता हूँ।

सय्यद आफ़ताब अहमद

□

संगोष्ठी नाभिकीय ऊर्जा एवं पदार्थ



डा. चिदंबरम् द्वारा उद्घाटन

डा. चिदंबरम् का स्वागत

सभागृह का एक दृश्य

शिवनंदन झा, मंत्री, विज्ञान एवं प्रावैधिकी, डा. चिदंबरम् के साथ

संदेश

पटना

मुझे यह जानकर बड़ी खुशी हुई है कि बिहार काउंसिल आफ साइंस एंड टेक्नोलॉजी तथा भाभा परमाणु अनुसन्धान केन्द्र, बम्बई के द्वारा पटना में नाभिकीय संयंत्रों में प्रयुक्त होनेवाले पदार्थों के संबंध में परिचर्चा आयोजित की जा रही है। ऐसे पदार्थों की विशेष उपलब्धता बिहार में है, इसलिए पटना में इस तरह की संगोष्ठी के आयोजन का विशेष महत्त्व है। बिहार की धरती रत्नगर्भा है, अत: ऐसे पदार्थों की खोज करने के लिए बिहार में सर्वेक्षण कार्य को विशेष महत्त्व दिया जाना चाहिए। प्रस्तावित संगोष्ठी में इस तरह के प्रयास पर विशेष विचार-विमर्श किया जाना चाहिए।

मेरी शुभकामना है कि यह परिचर्चा अपने उद्देश्य में सफल हो।

— लालू प्रसाद
मुख्य मंत्री, बिहार

जल एवं कोयले से प्राप्त ऊर्जा के सीमित साधनों को देखते हुए परमाणु ऊर्जा का विकास देश के लिए आवश्यक है। बिहार सरकार को राज्य में नाभिकीय ऊर्जा की संभावना को खोजने के लिए विशेष सलाहकार समिति गठित करनी चाहिए। बिहार की प्रगति के लिए विशेष और संगठित प्रयास करना होगा, ताकि बिहार में परमाणु ऊर्जा का प्रसार हो।जन-सामान्य को विज्ञान के प्रति जागरूक बनाना आवश्यक है, क्योंकि उनके सहयोग के बिना विज्ञान का विकास संभव नहीं है।

— विमल चंद बसाक
मुख्य न्यायाधीश,
उच्च न्यायालय, पटना

बिहार में संसाधन प्रचुर मात्रा में हैं, लेकिन यहाँ वैज्ञानिकों का अभाव है। देश के उच्च कोटि के वैज्ञानिकों को राज्य के हित में पहल करनी चाहिए। केवल बम्बई नगर को जितनी बिजली उपलब्ध है, उसकी चौथाई भी संपूर्ण बिहार प्रदेश को उपलब्ध नहीं है। बिहार की गरीबी, अशिक्षा, अधिक जनसंख्या आदि को देखते हुए, वैज्ञानिकों के ऊपर बड़ी जिम्मेदारी है।

— शिवनंदन झा
मंत्री, विज्ञान एवं प्रावैधिकी,
बिहार सरकार, पटना

उद्घाटन भाषण

डा. आर. चिदम्बरम्
निदेशक, भा. प. अ. केन्द्र, बम्बई

सबसे पहले मैं यहाँ उपस्थित सभी सम्माननीय अतिथियों एवं प्रतिनिधियों का एक बार फिर से स्वागत करता हूँ। पाटलीपुत्र, अर्थात् पटना जिसका ऐतिहासिक अतीत हमारे लिए गर्व का विषय है, आज भी शिक्षा, राष्ट्रप्रेम एवं कला का एक अनूठा संगम है। बिहार प्राकृतिक संपदा का एक धनी प्रदेश है। नाभिकीय ऊर्जा के कार्यक्रम का आधार यूरेनियम है और सभी नाभिकीय वैज्ञानिक एवं प्रौद्योगिक प्रक्रियाओं का आरम्भ यूरेनियम उत्खनन से होता है जिसमें बिहार अग्रणी है। इस परिप्रेक्ष्य में, प्राकृतिक संपदा से सम्पन्न इस प्रदेश में "नाभिकीय ऊर्जा एवं पदार्थ" विषय पर इस संगोष्ठी का आयोजन सर्वथा उचित और प्रासंगिक है।

उन्नत देशों से अपनी तुलना करने पर हम पाते हैं कि भारत में पश्चिमी देशों से 30 गुनी कम और अमरीका से 50 गुनी कम बिजली की प्रतिव्यक्ति खपत होती है। विकसित देशों ने विज्ञान एवं प्रौद्योगिकी के विकास को प्रधानता देकर प्रगति की है। हमें भी विज्ञान और प्रौद्योगिकी का सहारा अपने देश में आर्थिक और सामाजिक उन्नति के लिए लेना है।

नाभिकीय ऊर्जा और उससे सम्बन्धित अनेक कार्यक्रमों में हमने जो क्षमता प्राप्त की है, वह इस बात का प्रमाण है कि इस देश के वैज्ञानिकों और प्रौद्योगिकों में क्षमता उतनी ही है जितनी कि उन्नत देशों के वैज्ञानिकों और प्रौद्योगिकों में है। नाभिकीय ऊर्जा के क्षेत्र में आज भारत की गिनती विश्व के उन छह - सात अग्रणी देशों में है जो इसके पूरे ईंधन चक्र में आत्म निर्भर हैं। यूरेनियम तथा थोरियम के अन्वेषण से लेकर, उनका खनन, ईंधन निर्माण, ईंधन छड़ों का रिएक्टर में संभरण, उपभोग के पश्चात निष्कासन एवं पुन: संसाधन तथा इन सब प्रक्रियाओं से निकले अपशिष्ट के प्रबंधन तक का सारा काम - काज स्वदेशी विशेषज्ञों द्वारा ही संपन्न किया जाता है। इसी प्रकार, नाभिकीय रिएक्टर के अन्दर उपलब्ध विभिन्न ऊर्जा के न्यूट्रानों से किरणन के माध्यम से रेडियोसमस्थानिकों की उत्पादन - प्रौद्योगिकी भी स्वदेशी प्रयत्नों से अब पूर्णरूप से विकसित हो चुकी है। रेडियोसमस्थानिकों का बहुतायत से उपयोग कृषि, चिकित्सा तथा उद्योगों में किया जाता है। इन प्रक्रियाओं में रसायनिकी, भौतिकी, धातुकी आदि विभिन्न विधाओं का समावेश होता है। विश्व में अपनी जाति के रिएक्टरों में से एक, पूर्णरूप से स्वदेशी वैज्ञानिकों एवं अभियन्ताओं द्वारा अभिकल्पित एवं निर्मित 100 मेगावाट क्षमता का 'ध्रुव' अनुसंधान रिएक्टर हमारे नाभिकीय ऊर्जा कार्यक्रम की एक अनूठी उपलब्धि है। इस क्षेत्र में आत्मनिर्भरता हमारे लिए केवल गौरव की बात ही नहीं है, बल्कि यह एक आवश्यकता भी है, क्योंकि हमें किसी अन्य देश से इस क्षेत्र में सहायता की आशा नहीं करनी चाहिए।

विश्लेषण करके सोचने, समझने - समझाने की मनोवृत्ति विज्ञान पैदा करता है तथा प्रौद्योगिकी इसे कार्यरूप में परिणित करती है। वैज्ञानिक संस्थाओं तथा विश्वविद्यालयों का यह दायित्व है कि वे जन - सामान्य और नवयुवक छात्रवर्ग में वैज्ञानिक विचारधारा को जन्म देने तथा इसके लिए अनुकूल वातावरण तैयार करने में लगन और निष्ठा से काम करें । आज नाभिकीय ऊर्जा के बारे में भारतीय जनसामान्य के मन में ब ु सी आशंकाएं हैं और बहुत - से प्रश्न हैं जिनका मुख्य कारण यह है कि इसके बारे में पर्याप्त जानकारी हम उन तक नहीं पहुँचा पाये हैं। इस जानकारी को बढ़ाने के उद्देश्य से भा. प. अ. केंद्र में कार्यरत हिन्दी विज्ञान साहित्य परिषद द्वारा उल्लेखनीय कार्य किया जा रहा है। हमारा केंद्र समय - समय पर वैज्ञानिक संगोष्ठियों का आयोजन हिन्दी में करता आरहा है। इन संगोष्ठियों के माध्यम से हम भारत के नाभिकीय ऊर्जा कार्यक्रम से संबंधित अनेक पहलुओं पर जन - सामान्य से उन्हीं की भाषा में बात करते हैं। हिन्दी भाषा में आयोजित बम्बई नगर से बाहर यह संगोष्ठी हमारा तीसरा प्रयास है, और हमें आशा है कि जनसामान्य में वैज्ञानिक जागरूकता पैदा करने के अभियान में इससे पर्याप्त सहायता मिलेगी।

नाभिकीय ऊर्जा के विस्तृत कार्यक्रम के कार्यान्वयन में विशेष प्रशिक्षित वर्ग की आवश्यकता है, अत: हम चाहते हैं कि विज्ञान की विभिन्न विधाओं में कार्यरत वैज्ञानिक नाभिकीय विज्ञान में भी रुचि लें, ताकि वे नाभिकीय ऊर्जा की आवश्यकता एवं सुरक्षा के बारे में देशवासियों को आश्वस्त कर सकें। हमारे इस उद्देश्य की प्राप्ति के लिए यह आवश्यक है कि सामाजिक नेता भी वैज्ञानिकों का साथ दें और उनका हाथ बँटायें। इस देश की आर्थिक प्रगति और सामाजिक उन्नति की जिम्मेदारी वैज्ञानिक और सामाजिक नेताओं, दोनों की है, और एक - दूसरे के सहयोग के बिना हम अपना लक्ष्य प्राप्त नहीं कर सकेंगे।

देश में नाभिकीय ऊर्जा से विद्युत उत्पादन करना हमारे कार्यक्रम का पहला महत्त्वपूर्ण कार्य है। इसके लिए दीर्घकालीन योजना तैयार की गयी है। कृषि, उद्योग एवं चिकित्सा में उपयोग के लिए रेडियोसमस्थानिकों का उत्पादन हमारा दूसरा महत्वपूर्ण कार्य है। कैंसर जैसे असाध्य रोग की चिकित्सा तथा कृषि के लिए उन्नत बीजों का उत्पादन रेडियोसमस्थानिकों के उपयोग के उदाहरण हैं। विकिरण स्रोतों के साथ काम करने वालों की सुरक्षा की समुचित व्यवस्था स्वास्थ्य भौतिकी प्रभाग एवं परमाणु ऊर्जा नियामक परिषद द्वारा की जाती है।

मुझे इस संगोष्ठी का उद्घाटन करते हुए अत्यधिक हर्ष हो रहा है। नाभिकीय ऊर्जा के सभी पहलुओं पर इस द्वि - दिवसीय संगोष्ठी में अन्तर्राष्ट्रीय ख्याति प्राप्त विशेषज्ञ आपको जानकारी देंगे। बिहार के दो वरिष्ठ वैज्ञानिक भी इसमें अपनी वार्ताएं प्रस्तुत करेंगे। मुझे आशा है कि यह संगोष्ठी अपने उद्देश्य में सफल होगी। धन्यवाद।

□

हिन्दी विज्ञान साहित्य परिषद
की वर्ष 1991 - 92 एवं 1992 - 93 हेतु
– कार्यकारिणी समिति –

1. अध्यक्ष : डॉ आर. जिदम्बरम् निदेशक, भा.प.अ. केन्द्र
2. उपाध्यक्ष : डॉ दीन दयाल सूद, अध्यक्ष, ईंधन-रसायनिकी प्रभाग
3. सचिव : श्री ज्ञानोत्तम लाल गोस्वामी, परमाणु ईंधन प्रभाग
4. सह-सचिव : डॉ विजय कुमार मनचन्दा, विकिरण-रसायनिकी प्रभाग
5. कोषाध्यक्ष : श्री ललित कुमार, धातुकी प्रभाग

सदस्य

1. श्री रामनिवास आर्य, धातुकी प्रभाग
2. श्री हरीश कुमार कौरा, अध्यक्ष, कंप्यूटर प्रभाग
3. डॉ. एस. के. सिक्का, उच्च दाब भौतिकी प्रभाग
4. डॉ. एस. ए. अहमद, वर्णक्रमदर्शिकी प्रभाग
5. डॉ. राजेन्द स्वरूप, ईंधन-रसायनिकी प्रभाग
6. डॉ. गोविन्द प्रसाद कोठियाल, तकनीकी भौतिकी एवं प्रोटो टाइप इंजीनियरी प्रभाग

मनोनीत सदस्य

1. डॉ आर. विजयराघवन्, अध्यक्ष, परमाणु ईंधन प्रभाग
2. डा. एस. पी. अवस्थी

पदेन सदस्य

1. डॉ. जनार्दन स्वरूप, संपादक, 'वैज्ञानिक'
2. डॉ. शिवप्रकाश गर्ग, व्यवस्थापक, 'वैज्ञानिक'
3. डॉ. एम. आर. बालकृष्णन, अध्यक्ष, पुस्तकालय एवं सूचना प्रभाग
4. डॉ. वी. रामशेष, सचिव, राजभाषा कार्यान्वयन समिति
5. डॉ. राजेन्द्र नारायण भटनागर, सचिव, केंद्रीय सचिवालय हिंदी परिषद
6. श्री रमेशचन्द्र पंत, संयोजक, राजभाषा वार्ता
7. श्री काशीनाथ पाण्डेय, हिन्दी अधिकारी

भारतीय परमाणु ऊर्जा कार्यक्रम

सुरेश ल. कार्ट
प्रबंध निदेशक
न्यूक्लियर पावर कारपोरेशन, बम्बइ

मैं हिन्दी विज्ञान साहित्य परिषद का आभारी हूँ जिसने इस दो दिवसीय संगोष्ठी में मुख्य वार्ता का उत्तरदायित्व मुझ पर सौंपा। जैसा कि आपको कार्यक्रम की सूची से अवगत हो गया होगा, इस दो दिन की संगोष्ठी में विभिन्न विषयों पर खास जानकारी देने के लिए खास जानकार उपस्थित हैं। मेरा कार्य संयोजकों ने जरा आसान बना दिया है। मुझे भारतीय परमाणु ऊर्जा कार्यक्रम का पूरा ब्यौरा आप तक पहुँचाने की जिम्मेदारी दी गयी है।

भारतीय परमाणु ऊर्जा का जिक्र होते ही एक नाम जो खुद ब खुद सामने आजाता है, वह है डा. होमी जहाँगीर भाभा। दुर्गाग्यवश भारत और भारतीय परमाणु ऊर्जा विभाग इस महान व्यक्ति की सेवाओं से आज ही के दिन, यानि कि 24 जनवरी को वंचित होगये। आप सब को याद होगा कि डा. भाभा 1966 में विमान दुर्घटना में स्वर्ग सिधारे थे। इन्ही के सम्मान में 12 जनवरी 1967 को श्रीमती इंदिरा गांधीजी ने परमाणु ऊर्जा प्रतिष्ठान ट्राम्बे (A.E.E.T.) का नाम बदलकर भाभा परमाणु अनुसंधान केन्द्र घोषित किया।

वैसे भी जनवरी महीना परमाणु ऊर्जा और भारत के लिए मिश्रित भावनाओं वाला महीना है। इसी जनवरी महीने में 1957 में परमाणु ऊर्जा प्रतिष्ठान ट्राम्बे का उद्घाटन भारत के प्रथम प्रधानमंत्री, पंडित जवाहर लाल नेहरू के कर कमलों द्वारा हुआ। परमाणु ऊर्जा प्रतिष्ठान ट्राम्बे को स्थापित करने का निर्णय भी 3 जनवरी 1954 को लिया गया था। हालांकि हमारा सबसे पहला रिएक्टर 1956 में चालू हो गया, पर जनवरी के महीने में, 20 जनवरी 1957 को ही इस रिएक्टर का औपचारिक नामकरण संस्कार हुआ और पंडित नेहरू ने नाम चुना 'अप्सरा'। मैं पंडित नेहरू के शब्दों को दोहराना चाहूँगा," आप सब जानते हैं कि अप्सरा नैसर्गिक युवती या जलकन्या को कहते हैं। यह स्विमिंग पूल रिएक्टर है और अप्सरा और पानी का गहरा संबंध है, इसलिए इस रिएक्टर के लिए अप्सरा नाम उपयुक्त होगा।" सबसे पहली बार जनवरी 1957 में ही न्यूक्लियर ग्रेड यूरेनियम की प्राप्ति ट्राम्बे के थोरियम प्लांट में की गयी। भारतीय परमाणु ऊर्जा का तीसरा अनुसंधान/परीक्षण रिएक्टर, जरलीना(शून्य ऊर्जा) 14 जनवरी 1961 को क्रांतिक हुआ।

रिएक्टर में जब यूरेनियम प्लूटोनियम में परिवर्तित हो जाता है, तब प्लूटोनियम को अलग करने के लिए एक विशेष संयंत्र की आवश्यकता पड़ती है। ट्राम्बे स्थित प्लूटोनियम संयंत्र भारत के भूतपूर्व प्रधानमंत्री, स्वर्गीय लाल बहादुर शास्त्री जी के कर कमलों द्वारा 22 जनवरी 1965 को विधिवत उद्घाटित हुआ। भारत के लिए जनवरी महीने का सुखद संबंध हमारे गणतंत्र दिवस, 26 जनवरी से है और जनवरी के ही महीने में, 30 जनवरी को महात्मा गांधी की निर्मम हत्या की गयी।

भारत का परमाणु ऊर्जा कार्यक्रम हमारी स्वतंत्रता से पहले ही शुरू हो गया था। टाटा मूलभूत अनुसंधान केन्द्र की स्थापना 1945 में ही हो गयी थी। उसके बाद, 1948 में परमाणु ऊर्जा आयोग और 1954 में परमाणु ऊर्जा विभाग की औपचारिक स्थापना हुई। परमाणु ऊर्जा विभाग, जो 1954 में केवल 50 सदस्यों का था, आज बढ़कर लगभग 50,000 सदस्यों का एक विशाल संयुक्त परिवार बना हुआ है।

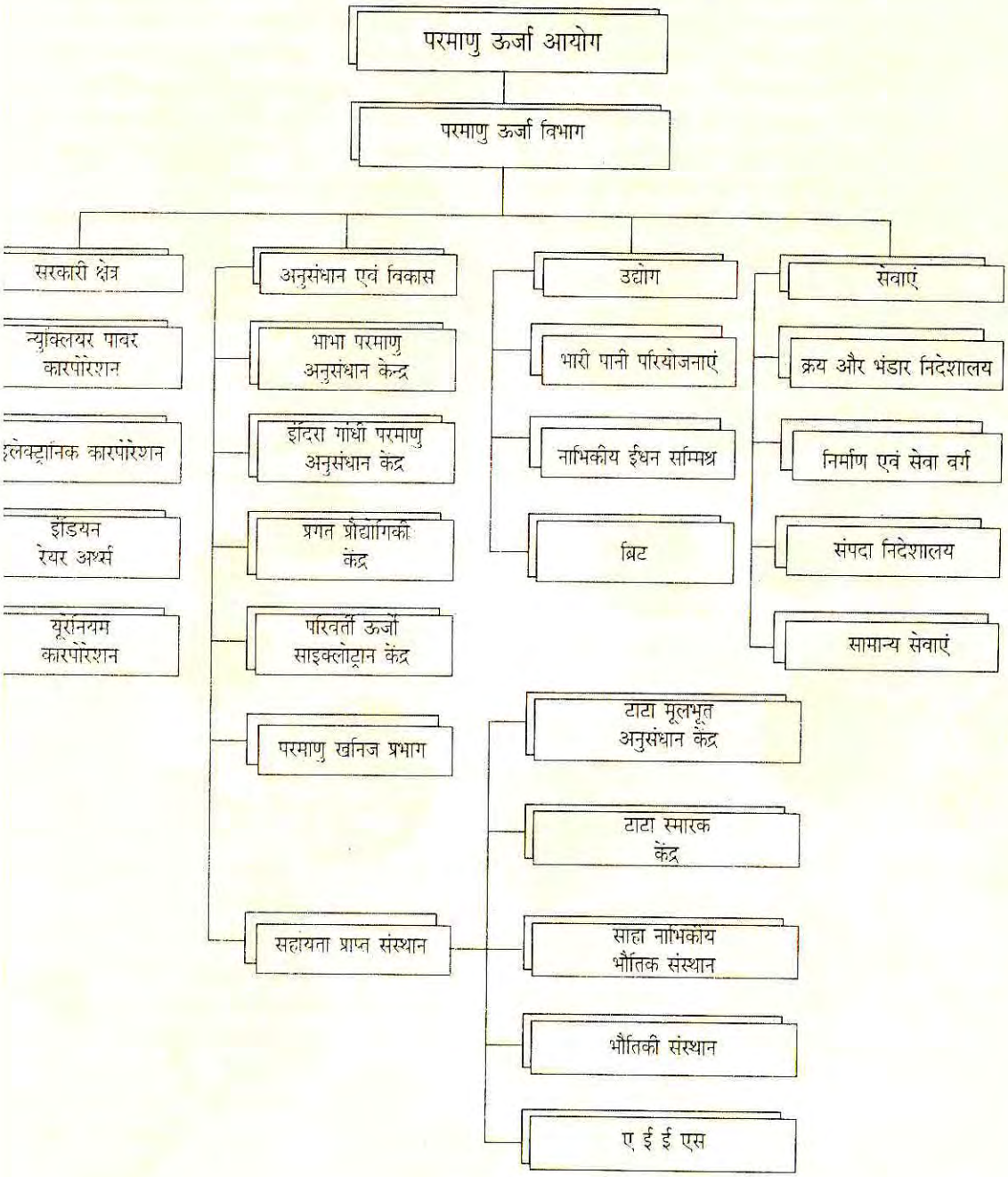
यह भी हमारे लिए गौरव और आत्म संतुष्टि का विषय है कि परमाणु ऊर्जा विभाग शुरू से ही प्रधान मंत्री की स्पष्ट देख-रेख में काम करता रहा है। परमाणु ऊर्जा विभाग का ढाँचा या संगठन चित्र-1 में दिखाया गया है।

परमाणु ऊर्जा विभाग का राष्ट्रीय एकता में भी बहुत योगदान है। इस विभाग में भारत की सभी दिशाओं, प्रांतों और भाषाओं के लोग काम करते हैं। परमाणु ऊर्जा विभाग के प्रतिष्ठान भारत के सभी कोनों में स्थित हैं। हमारे विभाग में अंतर्जातीय विवाहों की संख्या भी काफी है जिससे भारत के एकीकरण को काफी लाभ पहुँचा है।

परमाणु ऊर्जा विभाग का कार्यक्षेत्र भी बहुत विस्तृत है। नाभिकीय ऊर्जा, कृषि, चिकित्सा के निदान, उपाय और इलाज और विज्ञान के अग्रिम विषयों पर मूलभूत अनुसंधान, औषधियों और उपकरणों का निर्जीवीकरण तथा रेडियो समस्थानिकों का उत्पादन, सभी क्षेत्रों में परमाणु ऊर्जा विभाग की उच्च गुणवत्ता की अमिट छाप स्पष्ट रूप से दिखायी देती है।

परमाणु ऊर्जा के गलत इस्तेमाल के बारे में भी पंडित नेहरू ने वर्ष 1957 में अपने दूरदर्शी विचार प्रस्तुत किये थे। उन्हीं के शब्दों में, "विज्ञान भौतिक संसार के कई रहस्य हमारे सामने खोलेगा। कोई नहीं कह सकता कि यह हमें किस दिशा में ले जाए। कुछ लोग इन चीजों से डरेंगे, परन्तु हमको शाश्वत सत्य से घबराना नहीं चाहिए। आप मानव मस्तिष्क

संगठन रुपरेखा


परमाणु ऊर्जा आयोग
परमाणु ऊर्जा विभाग
सरकारी क्षेत्र
न्युक्लियर पावर कारपोरेशन
इलेक्ट्रानिक कारपोरेशन
इंडियन रेयर अर्थ्स
यूरेनियम कारपोरेशन
अनुसंधान एवं विकास
भाभा परमाणु अनुसंधान केन्द्र
इंदिरा गांधी परमाणु अनुसंधान केंद्र
प्रगत प्रौद्योगिकी केंद्र
परिवर्ती ऊर्जा साइक्लोट्रान केंद्र
परमाणु खनिज प्रभाग
सहायता प्राप्त संस्थान
उद्योग
भारी पानी परियोजनाएं
नाभिकीय ईंधन सम्मिश्र
ब्रिट
सेवाएं
क्रय और भंडार निदेशालय
निर्माण एवं सेवा वर्ग
संपदा निदेशालय
सामान्य सेवाएं
टाटा मूलभूत अनुसंधान केंद्र
टाटा स्मारक केंद्र
साहा नाभिकीय भौतिक संस्थान
भौतिकी संस्थान
ए ई ई एस

की जिज्ञासा और उन्नति को रोक नहीं सकते। अगर दुर्भाग्य से यह गलत मोड़ ले बैठे, तो परिणाम भयंकर भी हो सकते हैं। पर 'यह सब बंद करो' कहने का कोई फायदा नहीं है। हमें चाहिए कि विज्ञान की उपलब्धियों का ऐसा संयोजन किया जाए जिससे मानवता का भला हो, न कि विनाश।

कोई भी आदमी भविष्य वाणी नहीं कर सकता। पर मैं अपनी और अपनी सरकार और भावी सरकारों की तरफ से आपको विश्वास दिलाना चाहूँगा कि हम परमाणु ऊर्जा का उपयोग गलत या बुरे कामों के लिए नहीं करेंगे। इस विश्वास के साथ कोई शर्त नहीं जुड़ी है क्योंकि जब कोई घोषणा किसी शर्त के साथ जुड़ी हुई होती है, तो उस घोषणा का कोई मूल्य नहीं रहता।" और आज मैं बहुत गौरव, आत्मविश्वास और संतुष्टि के साथ कह सकता हूँ कि हमारा परमाणु ऊर्जा कार्यक्रम संपूर्णत: शांतिपूर्ण उपयोगों में व्यस्त है।

मैं आपको परमाणु ऊर्जा विभाग के बिजली बनाने के प्रयासों के बारे में कुछ विस्तार से बताना चाहूँगा।

बिजली पैदा करने के विभिन्न तरीके या सिद्धांत आप सबको मालूम हैं। बिजली ताप बिजलीघरों से या जल बिजलीघरों से पैदा की जा सकती है। इसके अलावा, तेल से भी बिजली का उत्पादन किया जा सकता है। सामान्यत: यह पाया गया है कि भारत में बिजली के उत्पादन में कोयले/ताप बिजलीघरों का लगभग 65% योगदान है और लगभग 32% बिजली जल बिजलीघरों से बनती है। परमाणु ऊर्जा का तात्कालिक योगदान केवल 3% है। भारत में इस समय चार न्यूक्लियर बिजलीघर चल रहे हैं जो तालिका-1 में दिखाये गये हैं।

तालिका-1

तिथि	स्थान	यूनिट और क्षमता	कुल क्षमता (मेगावाट)
1/2/69	तारापुर		
27/2/69	यूनिट 1 व 2	2 × 160	320
1/8/72	कोटा		
8/10/80	यूनिट 1 व 2	2 × 220	440
27/1/84	मद्रास		
21/3/86	यूनिट 1 + 2	2 × 220	440
12/3/89	नरोरा		
24/10/91	यूनिट 1 + 2	2 × 220	440

आप यह पायेंगे कि न्यूक्लियर विद्युत योगदान काफी कम लगता है। पर इस बात को ख्याल में रखना पड़ेगा कि यह सब भारतीय परमाणु ऊर्जा विभाग ने अपने ही बूते पर बनाया है। परमाणु ऊर्जा विभाग के प्रथम अध्यक्ष, डा. भाभा के जमाने से लेकर हमारे वर्तमान अध्यक्ष, डा. अय्यंगार तक स्वदेशीकरण को बहुत महत्व दिया गया। न्यूक्लियर टेक्नोलोजी में आत्मनिर्भरता बहुत जरूरी है क्योंकि यह एक ऐसा क्षेत्र है जिसमें दूसरे देशों पर निर्भरता आपके कार्यक्रम के लिए काफी घातक सिद्ध हो सकती है।

भारत विश्व के इने-गिने देशों में से एक है जिनके पास नाभिकीय खनिज से लेकर ईंधन बनाने की क्षमता, न्यूक्लियर रिएक्टरों के डिजाइन, निर्माण, प्रचालन और अनुरक्षण की क्षमता और भारी पानी जैसे जटिल पदार्थों को बनाने की क्षमता है। यही नहीं, हमारे विभाग ने रिएक्टरों से उत्पन्न होने वाले अपशिष्ट पदार्थों की देख-रेख और उनके निपटान की क्षमता भी हासिल कर ली है।

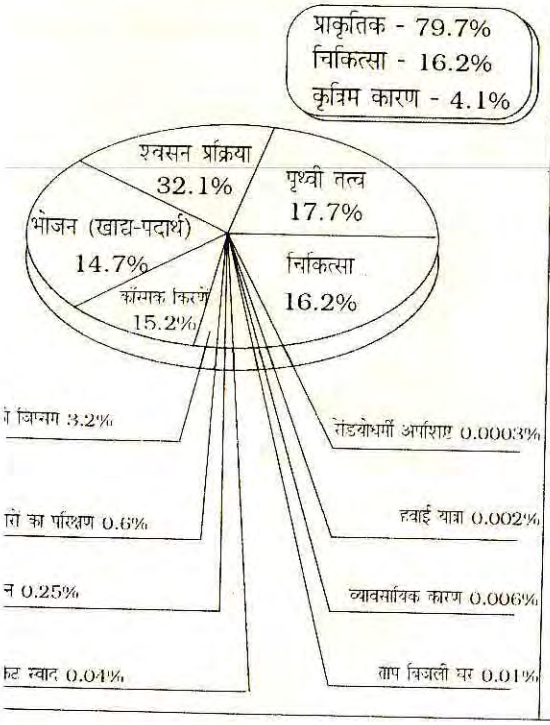
मैं आपको नाभिकीय ईंधन चक्र के बारे में भारतीय परमाणु ऊर्जा कार्यक्रम की उपलब्धियाँ बताना चाहूँगा। जिन-जिन संस्थाओं का योगदान मिला है, उनका भी जिक्र चित्र-2 में किया गया है।

तारापुर को छोड़कर, बाकी सब रिएक्टर डा. भाभा की दीर्घकालीन तीन चरणीय योजना के अंतर्गत बने हैं। भारत में थोरियम-232 के विशाल भंडारों को देखते हुए डा. भाभा ने वर्ष 1954 में यह योजना प्रस्तुत की थी। इस योजना के अनुसार, पहले चरण में दाबित भारी पानी रिएक्टरों द्वारा बिजली के साथ-साथ, प्लूटोनियम का भी उत्पादन होगा। दूसरे चरण में, थोरियम-232 तथा प्लूटोनियम का फास्ट ब्रीडर रिएक्टरों में इस्तेमाल करके बिजली के साथ-साथ, यू-233 और प्लूटोनियम के उत्पादन की व्यवस्था थी और तीसरे चरण में ब्रीडर रिएक्टरों में यू-233 और थोरियम के योग से और ज्यादा यू-233 बनाने की व्यवस्था थी।

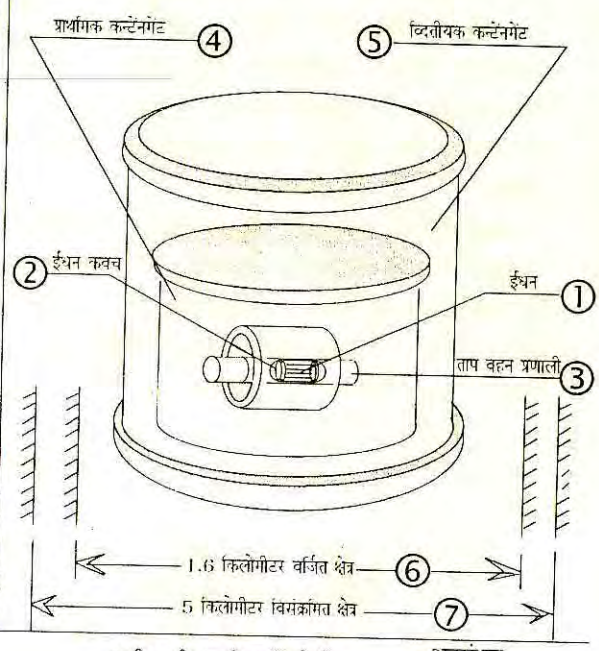
पहले चरण के अंतर्गत दाबित भारी पानी परियोजनाओं में अब काकरापार (गुजरात), रावतभाटा (राजस्थान) और कैगा (कर्नाटक) में निर्माण कार्य जोर-शोर और मुस्तैदी से चल रहा है। काकरापार की पहली इकाई के इसी वर्ष मार्च-अप्रैल में चालू होने की संभावना है।

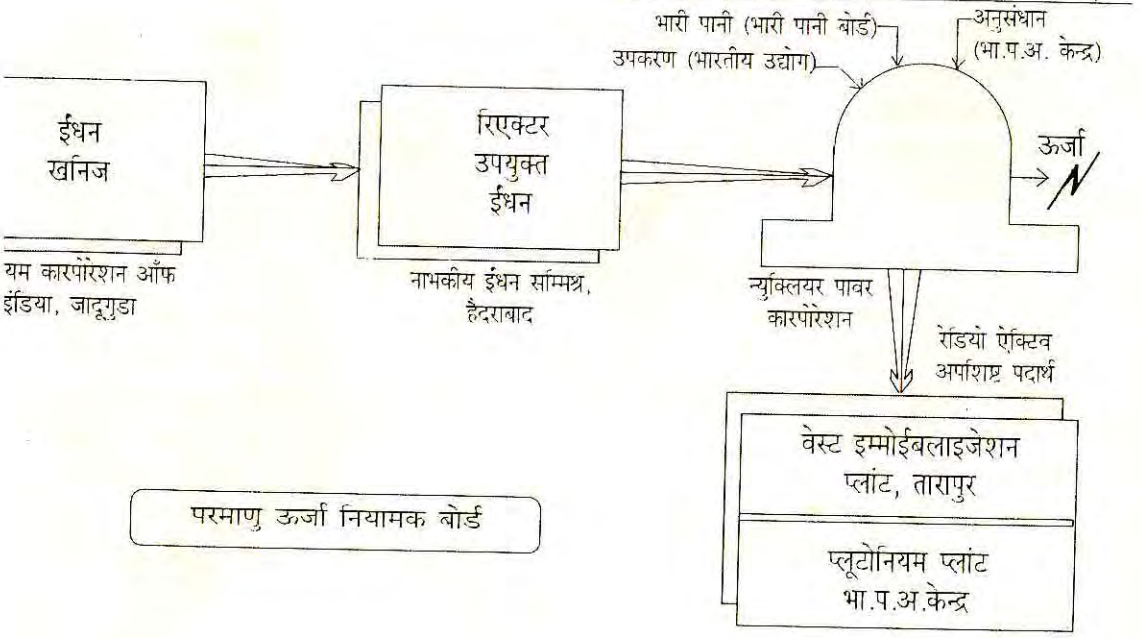
दाबित भारी पानी के 500 मेगावाट की श्रेणी के रिएक्टरों पर अभिकल्पन का कार्य लगभग पूरा हो चुका है। सरकार ने तारापुर में 500 मेगावाट के दो यूनिट लगाने की स्वीकृति दे दी है और इन रिएक्टरों पर काम चल रहा है।

भारत में विकिरण मात्रा



"गहनता से बचाव" अभिकल्प
सात अवरोधक





परमाणु ऊर्जा नियामक बोर्ड

वर्ष 1985 में भारत सरकार ने परमाणु ऊर्जा विभाग के 15 वर्षीय कार्यक्रम को अपनी स्वीकृति दी थी जिस के अनुसार वर्ष 2000 तक नाभिकीय ऊर्जा की संस्थापित क्षमता 10,000 मेगावाट होनी थी, पर आर्थिक कठिनाइयों की वजह से आठवीं पंचवर्षीय योजना (1991-95) में हमें सिर्फ 220 मेगावाट के रिएक्टरों (राजस्थान 3+4 तथा कैगा 1+2) के लिए पैसा मिला है, इसलिए 10,000 मेगावाट का लक्ष्य प्राप्त करने के लिए हमें वर्ष 2000 के बाद कुछ और साल लगेंगे।

पहले चरण के साथ - साथ, मद्रास में इंदिरा गांधी परमाणु अनुसंधान केन्द्र में 40 मेगावाट थर्मल (13 मेगावाट विद्युत) का फास्ट ब्रीडर टेस्ट रिएक्टर स्थापित किया गया है। इसके लिए प्लूटोनियम - यूरेनियम कार्बाइड मिश्रित ईंधन का इस्तेमाल विश्व में सबसे पहली बार भारत में किया गया। अभी 500 मेगावाट के प्रोटोटाइप फास्ट ब्रीडर रिएक्टर का डिजाइन कार्य चल रहा है। परमाणु उर्जा परियोजनाएं चित्र-3 में दर्शायी गयी हैं।

अब मैं कुछ शब्द स्वदेशीकरण के बारे में कहना चाहूँगा।

परमाणु ऊर्जा परियोजना में लगने वाले लगभग सारे उपस्कर अब भारत बनाये जाते हैं। और तो और, सायरस रिएक्टर और राजस्थान परमाणु बिजलीघर के प्रथम यूनिट के लिए आधा ईंधन भी परमाणु ऊर्जा विभाग द्वारा निर्मित हुआ था। विशिष्ट उपस्कर, जैसे कैलेंड्रिया, एंड शील्ड्स, स्टीम जनरेटर्स, प्राथमिक शीतलन पम्प, ईंधन भरण मशीन और रिएक्टिविटी मैकेनिज्म जैसे जटिल और कठिन उपस्कर भी अब भारत में बनते हैं।

इस सराहनीय कार्य के लिए मैं भारतीय उद्योगों को बधाई देना चाहूँगा, जिन्होंने कमर कस कर चुनौतियों का मुकाबला किया और अपनी प्रणालियों को परमाणु ऊर्जा विभाग के सहयोग से बदल कर इस योग्य बनाया कि न्यूक्लियर रिएक्टर के उपस्करों के लिए जितनी गुणवत्ता आवश्यक थी, उतनी वे दे सके।

ले - देकर सामान्य व्यक्ति के दिमाग में यह प्रश्न आता है कि परमाणु बिजलीघर से किसी दुर्घटना की संभावना तो नहीं है।

आपको यह जानकर काफी संतोष होगा कि सुरक्षा की तरफ हमारा ध्यान बहुत पहले से ही है। सिर्फ परमाणु ऊर्जा कार्यक्रम में ही सुरक्षा के क्षेत्र में लगे वैज्ञानिकों और अधिकारि की संख्या बाकी सब ऊर्जा उत्पादन क्षेत्रों की अपेक्षा सब अधिक है। हमारा हर कदम, चाहे वह परमाणु बिजली की डिजाइन की बात हो या उसके उपस्करों को बनाने व विधि की या फिर परमाणु बिजलीघर को बनाने या चल की बात हो, सुरक्षा समितियों द्वारा बार - बार जाँचा और पर जाता है। जब परमाणु ऊर्जा नियामक बोर्ड अपनी पूरी तसल्ल कर लेता है, तभी हमें हर चरण से आगे बढ़ने की अनुम मिलती है।

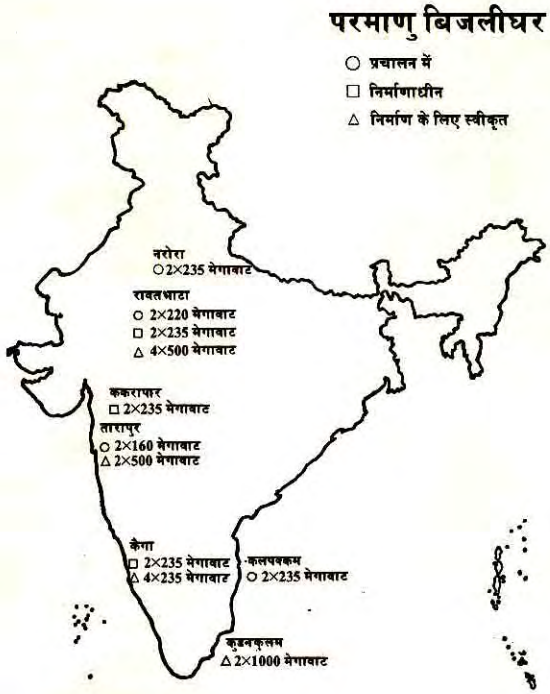
तालिका– 2. रेडियोधर्मिता रिसाव के अवरोधक

1. ईंधन पैलेट
2. ईंधन क्लैडिंग
3. जिरकोलाय की ईंधन - ट्यूब
4. जिरकोलय की प्रेशर - ट्यूब
5. प्राथमिक कन्टेनमेन्ट
6. द्वितीयक कन्टेनमेन्ट
7. सुरक्षित जोन

वैसे भी हमने अपने डिजाइन में रेडियोधर्मिता को बा न निकलने देने के लिए इतने प्रतिरोधक लगाये हैं कि आ आदमी को परमाणु बिजलीघर द्वारा रेडियोधर्मिता न के बरा मिलती है। चित्र - 4 तथा तालिका- 2 में यह दर्शाया ग है कि परमाणु ईंधन की रेडियोधर्मिता कितने प्रतिरोधकों अंदर सीमित रहती है।

मैं आपको रेडिओएक्टिविटी के बारे में एक और मजेद पर सोलह आने सच, आज कल तो सौ पैसे सच कह चाहिए, बात बताना चाहूँगा।

रेडियोएक्टिविटी हमारे साधारण जीवन का अटूट अंग है हम जो भी चीज खाते हैं, जिन घरों में रहते हैं, जिस ह में साँस लेते हैं तथा यातायात और परिवहन के अधिकां साधनों में रेडियोएक्टिविटी उपस्थित रहती है। ए जन - साधारण व्यक्ति को प्राकृतिक कारणों से औसतन प्रति लगभग 200 मिलीरेम विकिरण मिलता है। इनकी कार के अनुसार चर्चा चित्र - 5 तथा तालिका - 3 में की ग है।


परमाणु बिजलीघर
○ प्रचालन में
□ निर्माणाधीन
△ निर्माण के लिए स्वीकृत
नरोरा
○ 2×235 मेगावाट
रावतभाटा
○ 2×220 मेगावाट
□ 2×235 मेगावाट
△ 4×500 मेगावाट
ककरापार
□ 2×235 मेगावाट
तारापुर
○ 2×160 मेगावाट
△ 2×500 मेगावाट
कैगा
□ 2×235 मेगावाट
△ 4×235 मेगावाट
कलपक्कम
○ 2×235 मेगावाट
कुडनकुलम
△ 2×1000 मेगावाट

तालिका– 3. आपकी विकिरण - मात्रा

	मिलीरेम
● सूर्य व वायुमण्डल की ब्रह्मांड किरणे	28
● ईंट या कंकरीट का मकान	70
● भूमि स्थल	26
● पानी, भोजन व वायु	28
● वायुमण्डल में परमाणु हथियारों का परीक्षण	4
● दांतों का एक्सरे	14
● 1500 मील की हवाई जहाज की यात्रा	1
● परमाणु या ताप बिजलीघर से 5 कि.मी. सीमा तक रहने पर	0.3
● परमाणु या ताप बिजलीघर से 5 कि.मी. सीमा से बाहर रहने पर	0
कुल	171.3

इसकी तुलना में परमाणु बिजलीघर से मिलने वाली विकिरण मात्रा की सीमा प्रति वर्ष प्रति व्यक्ति 500 मिलीरेम ही रखी गयी और व्यवहार में वास्तविक मात्रा इन सीमाओं से कहीं कम पायी गयी है।

ताप बिजलीघरों की राख में रेडियोधर्मिता कहीं अधिक पायी गयी है (तालिका - 4)।

तालिका - 4

अपशिष्ट राख में प्राकृतिक रेडियोधर्मी तत्त्व

(सक्रियता : बेक्वेरल प्रति किलो ग्राम)

ताप बिजली-घर	रेडियम-226	रेडियम-228	पोटाशियम-40
बन्डेल	110	173.9	521.7
बोकारो	70.3	118.4	251.6
दुर्गापुर	92.5	129.5	325.6
पलरातू	81.4	177.6	444
पलचर	81.4	155.7	181.3

परमाणु बिजलीघर उपरोक्त सक्रियता का 20 % मात्र।

आइए, अब जरा पर्यावरण सुरक्षा के बारे में चर्चा की जाए।

पर्यावरण के पहलू से परमाणु ऊर्जा प्रणाली सबसे उत्तम प्रणाली है। परमाणु बिजलीघर बहुत कम क्षेत्र लेते हैं और इन से कार्बनडाइआक्साइड और सल्फर डाइआक्साइड जैसी हानिकारक और दूषित गैसों का उत्पादन भी नहीं होता है।

आपकी सूचना के लिए मैं बता दूँ कि आजकल विश्व में लगभग 17% बिजली परमाणु ऊर्जा प्रणाली से बनती है। अगर इतनी बिजली ताप बिजलीघरों से बनती, तो वातावरण में 200 करोड़ टन कार्बन डाइआक्साइड बढ़ती। आप सब ग्रीन हाउस प्रभाव के बारे में सुना होगा। हमारे भूमंडल के इर्दगिर्द ओजोन गैस का कवच है, जो सूर्य से आने वाली किरणों से हमारी रक्षा करता है। वातावरण में कार्बन डाइआक्साइड की मात्रा बढ़ने से इस ओजोन कवच की क्षमता धीरे - धीरे कम हो रही है और परिणामस्वरूप, सूर्य की किरणों अधिकांश मात्रा में धरती पर पहुँच रही हैं। अगर यह सिलसिला और जारी रहा, तो पर्वतों की बर्फ पिघलकर नीचे आएगी और समुद्रों की सतह बढ़ेगी, जिससे तटीय क्षेत्रों में बाढ़ आने की तथा समुद्री जीवों के नष्ट होने की संभावना है।

यही नहीं, अगर ताप बिजलीघरों से निष्कासित गैसों की मात्रा इसी गति से बढ़ती रही, तो वर्षा के पानी में भी अम्ल पदार्थ पाये जाएंगे जो कि कृषि, जीव जंतुओं और मानव जाति के लिए काफी हानि कारक सिद्ध होंगे।

परमाणु ऊर्जा बिजलीघर ग्रीन हाउस प्रभाव की दृष्टि से सबसे उत्तम हैं।

अंत में इतना कहना ही होगा कि जीवन स्तर को अच्छा बनाने के लिए ऊर्जा और अत्यधिक ऊर्जा की जरूरत है और हमको सभी संसाधनों से बनानी पड़ेगी। अपरंपरागत साधनों का भी विकास करना जरूरी है। पर ये साधन अभी वाणिज्यिक दृष्टि से इतने परिपक्व नहीं हुए हैं कि इनका लाभ आम जनता तक आसानी से और कम पैसे खर्च करके पहुँचाया जा सके। इसलिए ऊर्जा के प्रचलित साधनों, अर्थात ताप बिजलीघरों जल बिजलीघरों और परमाणु ऊर्जा बिजलीघरों से बिजली का ज्यादा से ज्यादा उत्पादन बहुत जरूरी है।

जैसा आप सबको मालूम है कि भारत की जनसंख्या तेजी से बढ़ रही है और वर्ष 2000 तक इसके 100 करोड़ तक पहुँचने की आशंका है, इसलिए ऊर्जा की उत्पादन-क्षमता बढ़ाने की जरूरत और भी सामयिक है।

परमाणु ऊर्जा विभाग ने अपने ही बल पर परमाणु ऊर्जा बनाने की श्रंखला के सारे चरणों पर प्रभुत्व हासिल कर लिया है। हमारा सुरक्षा रिकार्ड बहुत शानदार है। परमाणु बिजली उत्पादन का पर्यावरण पर प्रभाव बुरा नहीं पड़ता है। परमाणु ऊर्जा प्रणाली परिपक्व है और वाणिज्यिक दृष्टि से भी अनुकूल है।

मुझे पूर्ण विश्वास है कि आने वाले दशकों में परमाणु ऊर्जा भारत की खुशहाली और समृद्धि के लिए काफी महत्वपूर्ण सिद्ध होगी। जयहिंद। □

नाभिकीय रिएक्टर के अभिकल्पन के सिद्धांत

अनिल काकोडकर
निदेशक, रिएक्टर वर्ग
भाभा परमाणु अनुसंधान केंद्र,बम्बई - 400 085

किसी भी देश की समृद्धि एवं उन्नति के लिए ऊर्जा का महत्व सर्वविदित है, एवं पारंपरिक ऊर्जा के भंडारों के निकट भविष्य में समाप्त होने की आशंका को देखते हुए नाभिकीय ऊर्जा के उपयोग का महत्व भी स्पष्ट है, अत: ऊर्जा उत्पादन के क्षेत्र में आत्मनिर्भर बने रहने के लिए नाभिकीय ऊर्जा तकनीक का उपयोग एवं विकास अनिवार्य है। दुर्भाग्यवश नाभिकीय तकनीक का उपयोग सैन्य क्षेत्र में किये जाने के कारण इसके विकास का काफी विरोध किया जाता रहा है। इसके अलावा, नाभिकीय विखंडन की प्रक्रिया में उत्पन्न रेडियोधर्मिता के फैलने का भय भी विरोध का कारण है, परन्तु आधुनिक रिएक्टर इस दृष्टि से बहुत स्वच्छ एवं सुरक्षित ऊर्जा के स्रोत हैं।

देश में भविष्य की आवश्यकताओं को देखते हुए परमाणु ऊर्जा विभाग द्वारा तीन चरणों की योजना तय की गयी है। पहले चरण के अंतर्गत, प्राकृतिक यूरेनियम को ईंधन के रूप में उपयोग करके प्लूटोनियम पैदा करने वाले रिएक्टरों का निर्माण होगा।दूसरे चरण में, प्लूटोनियम का ईंधन के रूप में उपयोग करके थोरियम - 232 को यूरेनियम - 233 में बदलने वाले रिएक्टर बनेंगे। तीसरे चरण में, इस यूरेनियम - 233 ईंधन का उपयोग करके और अधिक यूरेनियम - 233 बनाया जाएगा जिससे लम्बे समय तक बिजली का उत्पादन संभव हो सके। इस प्रकार, देश में उपलब्ध थोरियम के विशाल भंडारों का सही उपयोग हो सकेगा। साथ ही, अधिक समय तक नाभिकीय ऊर्जा से विद्युत उत्पादन किया जा सकेगा।

रिएक्टर वर्गीकरण

शीतलन व्यवस्था, विमंदक, नियंत्रक तंत्र, ईंधन एवं न्यूट्रान ऊर्जा आदि पर आधारित रिएक्टर के कई वर्गीकरण किये गये हैं, उदाहरणार्थ समांगी एवं विषमांगी ,द्रुत एवं तापीय, उच्च, मध्यम या निम्न अभिवाह रिएक्टर आदि। इसी प्रकार, शीतलक के आधार पर साधारण पानी, भारी पानी, गैस शीतित एवं द्रव धातु शीतित रिएक्टर आदि विभिन्न वर्गीकरण संभव हैं। भारत, कनाडा, अर्जेन्टीना एवं ब्रिटेन को छोड़कर, अन्य लगभग सभी देशों में साधारण पानी रिएक्टर (L.W.R.) ही अधिक बनाये जाते हैं। इस रिएक्टर में समृद्ध यूरेनियम की आवश्यकता होती है। भारत नाभिकीय ऊर्जा के कार्यक्रम के पहले चरण में दाबित भारी पानी रिएक्टर (PHWR) स्थापित कर रहा है, जिसमें प्राकृतिक यूरेनियम डाइआक्साइड ईंधन एवं भारी पानी विमंदक व शीतलक के रूप में प्रयोग किया जाता है। द्रुत रिएक्टरों में ईंधन प्लूटोनियम युक्त पदार्थ एवं शीतलक द्रव सोडियम होता है।

नाभिकीय रिएक्टर कार्य प्रणाली

नाभिकीय रिएक्टर में ईंधन के नाभिकीय विखंडन की प्रक्रिया से ऊर्जा उत्पादित होती है। विखंडन की इस श्रंखलाबद्ध प्रक्रिया में उत्पन्न ऊष्मा शीतलक की सहायता से भाप जनित्र में भाप बनाने के लिए पहुँचायी जाती है। नियमित रूपसे ऊर्जा प्राप्त करने के लिए यह आवश्यक है कि विखंडन श्रंखलाबद्ध तरीके से हो सके। नाभिकीय विखंडन की प्रक्रिया में कुछ न्यूट्रान भी उत्पन्न होते हैं जिनमें से एक न्यूट्रान किसी अन्य नाभिक का विखंडन करके श्रृंखलाबद्ध विखंडन प्रक्रिया को निरंतर बनाये रखने के काम आता है।

जैसा कि हम ऊपर देख चुके हैं, रिएक्टर के कई प्रकार प्रचलित हैं। इन सभी का विवरण यहाँ संभव नहीं है, किंतु जो अभिकल्प हमारे लिए महत्वपूर्ण हैं, उन्हें जान लेना उचित होगा।

प्राकृतिक यूरेनियम का उपयोग करने वाले रिएक्टरों में प्राय: भारी पानी का उपयोग आवश्यक होता है। दूसरी तरफ, यदि साधारण पानी का प्रयोग करना हो तो यूरेनियम को समृद्ध करना आवश्यक है। इस प्रकार के रिएक्टर विश्व में सबसे अधिक हैं, परन्तु इसके लिए समृद्ध यूरेनियम की आवश्यकता तो होती ही है, साथ ही न्यूट्रानों के उपयोग की दृष्टि से भी ये रिएक्टर खरे नहीं उतरते हैं, अत: इनमें प्लूटोनियम - 239 का निर्माण कम मात्रा में होता है।इसी कारण हमने इन्हें अपने स्वदेशी कार्यक्रमों के लिए नहीं अपनाया है। इस प्रकार के रिएक्टर पर आधारित सर्वाधिक प्रचलित परमाणु बिजलीघरों में दो प्रकार के परिपथ होते हैं, प्राथमिक और भाप - पानी परिपथ। प्राथमिक परिपथ में शीतलक परमाणु भट्टी में नीचे से ऊपर की ओर प्रवाहित होता है, जो ऊपर स्थित ईंधन छड़ों से जो कई छोटी - छोटी नलिकाओं की बनी होती हैं और जिनमें ईंधन छोटे - छोटे टुकड़ों के रूप में रखा होता है, ऊष्मा लेकर भापजनित्र में जाता है। यहाँ शीतलक अपनी ऊष्मा से पानी को भाप में बदलता है और पुन: परमाणु भट्टी

में पम्प की सहायता से प्रवाहित किया जाता है। इस परिपथ में मुख्य घटक दाबक होता है जो शीतलक को निर्धारित दाब पर रखता है ताकि शीतलक भाप में परिवर्तित न हो। रिएक्टर का नियंत्रण ऊर्ध्व स्थित नियंत्रक छड़ों द्वारा किया जाता है। दूसरे भाप - पानी परिपथ में भाप - जनित्र द्वारा उत्पादित भाप से टरबाइन और जनित्र द्वारा बिजली उत्पन्न की जाती है। टरबाइन से प्राप्त भाप को द्रवणित्र में शीतलक पानी द्वारा ठंडा करके पानी में बदला जाता है। भाप - पानी परिपथ सभी प्रकार के परमाणु बिजली घरों में समान होता है।

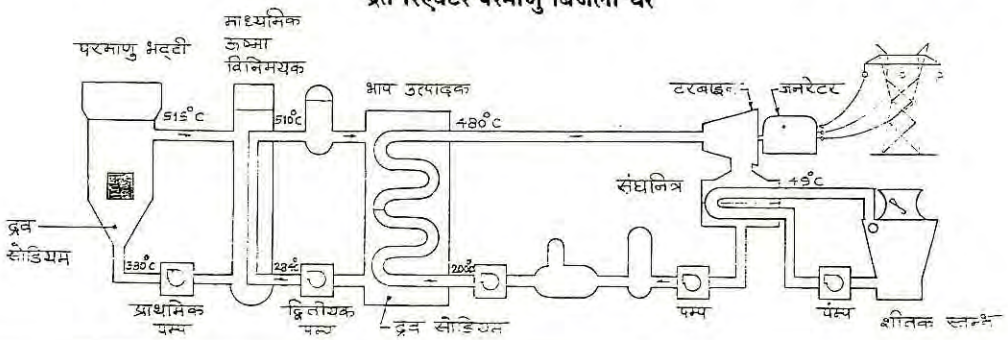
भारी पानी वाले रिएक्टरों में प्लूटोनियम का निर्माण सर्वाधिक होता है, अत: इस रिएक्टर प्रणाली को हमने अपनी योजना के प्रथम चरण में अपनाया है जिससे अगले चरणों की सफलता के लिए आवश्यक प्लूटोनियम - 239 का उत्पादन हो सके। इस रिएक्टर में विमंदक काफी कम दाब पर होता है और उसका तापमान नियंत्रित किया जाता है। शीतलक को जो भारी पानी ही होता है, उच्च दाब पर जिर्कोनियम के मिश्र धातु की शीतलक नलिकाओं में से रिएक्टर के अन्दर प्रवाहित किया जाता है। ईंधन को भी इन्हीं नलिकाओं में रखा जाता है ताकि इनमें उत्पन्न ऊष्मा को शीतलक रिएक्टर से बाहर निकाल सके। ये शीतलक नलिकाएं एक बेलनाकार पात्र में जिसे कैलेन्ड्रिया कहते हैं, भूसमांतर जुड़ी हुई कैलेन्ड्रिया-नलिकाओं में से निकलती हैं। कैलेन्ड्रिया में कैलेन्ड्रिया-नलिकाओं के चारों तरफ विमंदक भरा होता है। शीतलक नलिकाओं में से शीतलक, पम्प द्वारा भाप - जनित्र में प्रवाहित किया जाता है जो भाप - पानी परिपथ के पानी को भाप में बदल देता है। रिएक्टर में ईंधन डालने अथवा निकालने के लिए शीतलक नलिकाओं के दोनों ओर यंत्र लगाये जाते हैं। इस प्रकार के रिएक्टरों का नियंत्रण नियंत्रक छड़ों द्वारा, कैलेन्ड्रिया में विमंदक के स्तर द्वारा और विमंदक में विखंडन अभिक्रिया विष के विलयन से किया जाता है।

द्रुत रिएक्टर रचना में तापीय रिएक्टर जैसा ही होता (चित्र - 1)। इसमें विमंदक की आवश्यकता नहीं होती, ए शीतलक के रूप में द्रव सोडियम का प्रयोग किया जाता है सोडियम काफी तापमान तक बिना अधिक दाब के उपयोग में लाया जा सकता है, अत: द्रुत रिएक्टरों में दाब बहुत कम होता है।द्रुत रिएक्टरों में मुख्यत: तीन प्रकार के परिपथ होते हैं, प्राथमिक, माध्यमिक और भाप - पानी परिपथ। प्राथमिक शीतलक जो द्रव सोडियम होता है, परमाणु भट्टी में नीचे से ऊपर की ओर प्रवाहित किया जाता है जो ईंधन छड़ों से ऊष्मा लेकर माध्यमिक परिपथ के ऊष्मा विनिमायक में दूसरे शीतलक को जो पुन: द्रव सोडियम ही होता है, दे देता है और उसे पम्प द्वारा फिर से रिएक्टर में प्रवाहित किया जाता है। माध्यमिक परिपथ का शीतलक भाप - जनित्र से प्रवाहित होकर अपनी ऊष्मा भाप - पानी परिपथ के पानी को देकर उसे भाप में परिवर्तित कर देता है। इस प्रकार के रिएक्टर का नियंत्रण एवं शमन, नियंत्रक एवं शमन छड़ों द्वारा किया जाता है। इन छड़ों में बोरॉन का यौगिक होता है जो न्यूट्रानों का अवशोषण करके विखंडन अभिक्रिया को रोक देता है। भारत में ऐसा एक परीक्षण रिएक्टर कलपक्कम में बनाया गया है एवं 500 मेगावाट बिजली निर्माण की क्षमता वाले द्रुत रिएक्टर के अभिकल्पन का कार्य प्रगति पर है।

रिएक्टर अभिकल्पन में सुरक्षा

नाभिकीय तकनीक के विकास में रिएक्टर की सुरक्षा सबसे प्रमुख प्रश्न है। चेरनोबिल (सोवियत संघ) एवं टी. एम. आई (अमेरिका) में हुई दुर्घटनाओं से इस तरह की धारणा बना ली जाती है कि नाभिकीय रिएक्टर सुरक्षित नहीं होते हैं, परन्तु वास्तव में ऐसा नहीं है। नाभिकीय रिएक्टर के अभिकल्पन में सुरक्षा को सर्वाधिक महत्त्व दिया जाता है, विशेषत: भारत

द्रुत रिएक्टर परमाणु बिजली घर



ं बनाये जा रहे दाबित भारी पानी रिएक्टर तो सुरक्षा ी दृष्टि से अत्यंत विश्वसनीय हैं।

ुरक्षा सिद्धांत

रिएक्टर तकनीक में सुरक्षा प्रदान करने के लिए विशेष ुरक्षा सिद्धांत अपनाये जाते हैं, उदाहरणार्थ -

— रिएक्टर सुरक्षा से संबंधित तंत्रों के अभिकल्पन, निर्माण वं परीक्षण की अपेक्षाएं अत्यंत कठोर होती हैं। सुरक्षा की ष्टि से उनके महत्त्व के आधार पर उनका वर्गीकरण किया ाता है और उनकी प्रक्रिया पर पूरी निगरानी रखी जाती है।

— सुरक्षा तंत्र का मुख्य सिद्धांत है गहन सुरक्षा। किसी ी प्रणाली के विफल होने की स्थिति में अन्य प्रणाली उसका ार्य संपन्न कर सके, इसके लिए प्रत्येक कार्य के लिए एक ं अधिक साधन रखे जाते हैं।

— किसी एक कारण से रिएक्टर का पूरा सुरक्षा तंत्र नष्ट हो, इसके लिए विभिन्न प्रणालियों को भौतिक रूप से पृथक खा जाता है।

— हर सुरक्षा तंत्र में उसके महत्त्व के अनुसार अतिरिक्त टक रखे जाते हैं, जिससे किसी भी घटक के अचानक खराब ो जाने पर न्यूनतम सुरक्षा कार्यों का संपादन हो सके।

— सभी उपकरणों का इस प्रकार अभिकल्पन किया जाता कि यदि वे विफल हो जाएं, तो भी स्थिति सुरक्षित दिशा हो।

— रिएक्टर भवन में हवा का प्रवाह हमेशा कम रेडियो क्रिय क्षेत्र से अधिक सक्रिय क्षेत्र की ओर रखा जाता है।

इसके अलावा, रिएक्टर अभिकल्पन में अंतर्निहित सुरक्षा पायों का समावेश, कार्यरत कर्मचारियों के लिए उपयुक्त ेकिरण एवं रेडियोधर्मी पदार्थों के वायुमण्डल में रिसाव का रीक्षण एवं नियंत्रण करने से नाभिकीय रिएक्टर अत्यंत सुरक्षित ाते हैं।

भियांत्रिकीकृत सुरक्षा

रिएक्टर का अभिकल्पन इस प्रकार किया जाता है कि ामान्य प्रचालन के दौरान तो विकिरण उत्सर्जक पदार्थ परमाणु यंत्र के बाहर न ही निकलें। साथ ही, किसी भी असामान्य स्थिति या दुर्घटना के समय भी वे सुरक्षा आवरणों में ही समाहित हैं।

रिएक्टर में ईंधन के विखंडन से उत्पन्न विखंडन तत्त्व रेडियोसक्रिय होते हैं। इनमें से अधिकांश तत्त्व ईंधन में ही रह जाते हैं जो उनके मार्ग के बाहर आने में पहला अवरोध होता है। ईंधन के ऊपर धातु का आवरण (क्लैडिंग) होता है जो दूसरे अवरोध का काम करता है। जो थोड़े बहुत तत्त्व ईंधन से बाहर आते भी हैं, वे इस आवरण के अंदर ही रह जाते हैं। यदि क्लैडिंग में कहीं छेद हो और विखंडन तत्त्व उसमें से बाहर आ जाएं, तो वे शीतलक में पहुँचते हैं। रिएक्टर में शीतलक एक बंद परिपथ में प्रवाहित होता है, अत: सभी विकिरण उत्सर्जक तत्त्व शीतलक तक ही सीमित रह जाते हैं। रिएक्टर के सामान्य प्रचालन के दौरान विखंडन तत्त्व अधिक से अधिक शीतलक तक पहुँच सकते हैं। यदि किसी प्रकार की असामान्य स्थिति पैदा हो जाए जिससे शीतलक नलिकाओं से बाहर बहने लगे और ईंधन सीमा से अधिक गर्म होने लगे या पिघलने की स्थिति में आ जाए, तो स्वचालित विशेष सुरक्षा तंत्र काम करने लगते हैं। इन व्यवस्थाओं में मुख्य हैं, रिएक्टर को तुरन्त बंद करने की व्यवस्था एवं आपात कालीन क्रोड शीतलन प्रणाली।

इन सब उपायों एवं अवरोधों के होते हुए भी यदि कुछ विकिरण उत्सर्जक पदार्थ रिएक्टर से बाहर निकल जाएं, तो संयंत्र का सुरक्षा आवरण (कन्टेनमेन्ट) उन्हें रिएक्टर भवन से बाहर जाने से रोक लेता है। हमारे नये रिएक्टरों में दोहरा सुरक्षा आवरण बनाया जाता है ताकि यदि पहले आवरण में कोई कमी हो, तो दूसरा आवरण विकिरण उत्सर्जक पदार्थों को वातावरण में जाने से रोक सके।

स्थल चयन

रिएक्टर निर्माण के लिए उपयुक्त स्थान के चयन के लिए कई पहलुओं पर विशेष ध्यान दिया जाता है। भूकम्प व बाढ़ की संभावनाएं, विस्फोटक पदार्थों का भंडारण, क्षेत्र की जनसंख्या, मौसम तथा वहाँ के भूतलीय एवं भूगर्भीय जल से संबंधित जानकारियाँ एकत्र की जाती हैं और उस स्थान की उपयोगिता का आंकलन किया जाता है, परन्तु सामाजिक या आर्थिक कारणों से किसी क्षेत्र में रिएक्टर बनाना आवश्यक हो, तो वे सभी उपाय किये जाते हैं जिनसे प्रतिकूल परिस्थितियों का सामना उचित प्रकार से किया जा सके।

(पृष्ठ 32 पर)

परमाणु बिजलीघरों का प्रचालन

बी. के. भसी
मुख्य अधीक्षक
तारापुर परमाणु बिजलीघ

आज भारतवर्ष में कुल बिजली उत्पादन का करीब 3% हिस्सा परमाणु बिजलीघरों की बदौलत है और इसकी उपयोगिता को ध्यान में रखते हुए हमने परमाणु बिजलीघरों की भावी योजनाओं को कार्यान्वित करने का निश्चय किया है जिसके फलस्वरूप हम वर्ष 2000 तक सारे बिजली उत्पादन का करीब10% परमाणु बिजलीघरों से बिजली पैदा करके देश की प्रगति में योगदान देने लायक हो जायेंगे। आज हम मुख्यत: दो प्रकार की रिएक्टर पद्धतियों का प्रयोग बिजली उत्पादन के क्षेत्र में कर रहे हैं। इनमें से पहली पद्धति के रिएक्टर "क्वथन जल" प्रकार के कहलाते हैं। इस तरह के दो रिएक्टर, प्रत्येक 160 मेगावाट इलेक्ट्रिक, तारापुर (महाराष्ट्र) में कार्यरत हैं और दूसरी पद्धति के रिएक्टर "दाबित भारी पानी" रिएक्टर कहलाते हैं और इस पद्धति पर आज 2 रिएक्टर मद्रास में (2x220 मेगावाट इलेक्ट्रिक), 2 रिएक्टर राजस्थान में (2x220 मेगावाट इलेक्ट्रिक), और दो रिएक्टर (2x220 मेगावाट इलेक्ट्रिक) नरोरा में कार्यरत हैं। भविष्य में अभी तक के निर्माण के लिए स्वीकृत अन्य इकाइयाँ भी दाबित भारी पानी प्रकार की ही हैं, जो ज्यादातर कार्यरत रिएक्टरों के ही क्षेत्र में स्थापित की जायेंगी, वैसे अन्य जगहों में भी कुछ को स्थापित किया जा रहा है, जैसे कि कैगा(6 x 235 मेगावाट), काकरापारा (2x235 मेगावाट) आदि।

नाभिकीय प्रतिक्रिया के दौरान कुल मिलाकर करीब 195 मिलियन इलेक्ट्रान वोल्ट की ऊर्जा पैदा होती है, जो कि विखंडन घटकों की गति के कारण उत्पन्न गामा किरणों की क्षय ऊर्जा तथा विखंडन न्यूट्रान की ऊर्जा के रूप में होती है।

एक किलोग्राम यूरेनियम के विघटन से इतनी ऊर्जा पैदा होती है, जितनी कि 2700 मेट्रिक टन कोयला जलाने से पैदा होगी, और एक ग्राम यूरेनियम के विघटन से एक मेगावाट ऊष्मा शक्ति पूरे दिन भर (24घंटे) तक के लिए पैदा की जा सकती है। प्राकृतिक यूरेनियम (U - 238 + U - 235)में 0.7% यूरेनियम - 235 होता है जो कि मंदित न्यूट्रान से विघटित होता है और नाभिकीय प्रतिक्रिया को जारी रखता है। यूरेनियम - 238 का विघटन मंदित न्यूट्रान द्वारा संभव नहीं है, किन्तु उच्च शक्ति के न्यूट्रान (1.1मिलियन इलेक्ट्रान वोल्ट) द्वारा यूरेनियम - 238 का स्वरूप बदल कर प्लूटोनियम - 239 बनता है जो कि मंदित न्यूट्रान द्वारा विघटित किया जा सकता है। भारतवर्ष में सभी परमाणु बिजलीघर मंदित न्यूट्रान द्वार यूरेनियम के विघटन के सिद्धान्त पर काम करते हैं। अब ह भारतवर्ष में नाभिकीय प्रतिक्रिया द्वारा बिजली उत्पादन क कार्यरत पद्धतियों का संक्षेप में अवलोकन करेंगे।

क्वथन जल (बायलिंग वाटर) प्रकार के रिएक्टर की कार पद्धति

नाभिकीय रिएक्टर स्टेनलेस स्टील लाइनिंग का एलोय स्टील का एक बेलनाकार बर्तन होता है,जिसमें नाभिकीय ईंधन शीतलक एवं मंदक, नियन्त्रण छड़ें तथा कुछ न्यूट्रान अनुवीक्षव (मोनिटर्स)होते हैं। इसी बर्तन में नाभिकीय प्रतिक्रिया शुरू करवायी जाती है जिसके फलस्वरूप काफी मात्रा में ऊष्म पैदा होती है, जिसको पानी में भाप बनने की प्रक्रिया द्वारा अवशोषित कर लिया जाता है। इस भाप को पाइपों द्वारा टरबाइन में ले जाया जाता है जो कि टरबाइन को घुमाती है और इसी से जुड़े हुए जेनेरेटर द्वारा बिजली उत्पन्न की जाती है जो कि विद्युत वितरण प्रणाली द्वारा आस - पास के विद्युत निगमों को व्यापारिक वितरण के लिए दे दी जाती है। रिएक्टर को जो कि विकिरण का मुख्य स्रोत है, शिल्डिंग के बीच रखकर प्राथमिक संरोधन (कन्टेनमेन्ट) के भीतर रखा जाता है, और जब रिएक्टर कार्यरत रहता है, तब इस संरोधन के भीतर जाना वर्जित रहता है। इन रिएक्टरों की खासियत यह है कि इनमें प्रयुक्त होने वाला ईंधन थोड़ा संपन्नित होता है और प्रत्येक पुन: ईंधन भरण (रिफ्यूलिंग) के समय इसे इतनी मात्रा में रिएक्टर में रख दिया जाता है कि कम से कम डेढ़ साल से दो साल तक के लिए ईंधन बदलने की जरूरत नहीं पड़ती है। पुन: ईंधन भरण कार्य के दौरान ही लगभग सभी यन्त्रों का परीक्षण भी किया जाता है और जहाँ मरम्मत की या यन्त्र को बदलने कि जरूरत महसूस की जाती है, तो इसे भी किया जाता है। खराब हुए ईंधन को रिएक्टर से बाहर निकाल दिया जाता है और पानी के तालाब (पूल) में संग्रहण के लिए रख दिया जाता है। रिएक्टर में कुल 284 ईंधन संकुल होते हैं और 69 नियन्त्रण छड़ें होती हैं। प्रारंभ में (जब रिएक्टर बंद रहता है) सभी नियन्त्रण छड़ें पूर्णत: भीतर की स्थिति में रहती हैं, बाद में जब रिएक्टर शुरू करने की पूरी तैयारियाँ हो जाती हैं, तो नियन्त्रण छड़ों को एक विशेष क्रम में ईंधन बण्डलों से बाहर लिया जाता है ताकि न्यूट्रान प्रतिक्रिया

ईंधन के साथ शुरू हो सके, और धीरे - धीरे रिएक्टर अपने निश्चित दबाव व तापमान तक पहुँच सके तथा पानी की भाप टरबाइन को भेज सके। रिएक्टर को शुरू करने की प्रक्रिया से प्रारंभ करके पूर्ण क्षमता प्राप्त करने तक का समय करीब 3 से 4 दिन का होता है। रिएक्टर को स्वयं बंद करने का प्रावधान भी रखा गया है ताकि खतरनाक स्थिति में रिएक्टर कभी भी न जा सके।

दाबित भारी पानी रिएक्टरों की कार्य पद्धति

दाबित भारी पानी रिएक्टरों में रिएक्टर का नाम कैलेण्ड्रिया रखा गया है, जिसमें मंदक (भारी पानी) भरा रहता है और मंदक के भीतर 306 कैलेण्ड्रिया नलिकाएं (ट्यूब्स) होती हैं जिनके अन्दर प्रत्येक में 12 ईंधन बंडल होते हैं। यह ईंधन बंडल 19.5 इंच लम्बाई के होते हैं और एक बंडल में 19 छड़ें होती है। चूँकि ईंधन प्राकृतिक यूरेनियम से बिना समृद्धि (एनरिचमेंट) के बनाया जाता है, अत: इन रिएक्टरों में प्रतिदिन पुन: ईंधन भरण कार्य होता है जिसमें प्रतिदिन औसतन 2.5 ईंधन बंडल भरे जाते हैं और उतने ही उपभोग के आधार पर रिएक्टर से बाहर निकाले जाते हैं। रिएक्टर में न्यूट्रान प्रक्रिया को नियन्त्रित करने के लिए भारी पानी का स्तर कैलेण्ड्रिया में घटाया-बढ़ाया जाता है। परन्तु, नरोरा और अन्य रिएक्टरों को नियन्त्रित करने के लिए नियन्त्रण छड़ों व विष तंत्र का इस्तेमाल किया जाता है। कैलेण्ड्रिया नलिका के अंदर ईंधन बंडल से गुजरता हुआ शीतलक (भारी पानी) स्टीम जेनेरेटर में जाता है जहाँ यह ऊष्मा का प्रदान सामान्य पानी को भाप में बदलकर करता है। कभी भी भारी पानी को उबलने नहीं दिया जाता है जिसके लिए कैलेण्ड्रिया नलिका के भीतर भारी पानी को उच्च दबाव में रखा जाता है। स्टीम जेनेरेटर से भाप टरबाइन में वाष्प पाइपों द्वारा भेजी जाती है, जो टरबाइन-जेनेरेटर को घुमाकर बिजली उत्पन्न करती है। रिएक्टर (कैलेण्ड्रिया) को कैलेण्ड्रिया वाल्ट में रखा जाता है और फिर इसके चारों तरफ पानी भरा रहता है, ताकि बाहर रिसते हुए न्यूट्रान इसी में मंदित हो जायें। रिएक्टर को रखने का प्रावधान रिएक्टर - भवन में होता है। रिएक्टर से संबंधित सभी प्राचल मुख्य नियन्त्रण कक्ष में प्रदर्शित होते हैं और कई उपकरणों का एक-साथ प्रयोग रिएक्टर के स्वचालन के लिए किया जाता है।

रिएक्टर में प्रयुक्त ईंधन को भी सही ढंग से रखने का पूरा प्रबन्ध रिएक्टर अभिकल्पना के समय ही सोच लिया जाता है और इसके लिए ईंधन पूल का निर्माण किया जाता है जिसमें पानी के बीच ही ईंधन बंडलों को रखा जाता है ताकि उनसे विकिरण का असर अन्य जगहों पर न हो सके।

अन्त में, जो सबसे महत्त्व की बात परमाणु बिजलीघरों के प्रचालन से सम्बन्ध रखती है, वह है इनके प्रचालन में प्रशिक्षित अभियंताओं के कौशल की। बिजलीघर का दायित्व पारियों में एक पारी प्रभारी अभियंता पर छोड़ा जाता है, जो काफी अनुभव के बाद ही इस पद के लिए घोषित किया जाता है। नये प्रशिक्षू अभियंता से पारी प्रभारी अभियंता बनने का सफर काफी लम्बा और कठिन होता है। इस यात्रा के दौरान प्राय: सभी कठिनाइयों का सामना इन अभियंताओं को करना पड़ता है, जिससे वे काफी दृढ़-निश्चय होकर किसी भी परिस्थिति का सामना करने को तैयार व योग्य हो जाते हैं। साथ ही, ये भी ध्यान दिया जाता है कि हर पारी के कर्मचारियों का चयन इस ढंग से हो कि वे प्रचालन के दौरान आने वाली किसी भी समस्या का समाधान ढूँढ सकें और किसी भी आपातस्थिति को टाल सकें। इस कार्य के सम्पादन में अच्छी तरह से लिखी गयी कार्य-पद्धतियां काफी मददगार होती हैं। प्रचालन स्टाफ के अलावा, परमाणु बिजलीघर के सतत सही ढंग से चलने में कई अन्य अनुभागों का भी योगदान रहता है, जैसे कि रखरखाव अनुभाग, अपशिष्ट उत्पाद प्रबंध अनुभाग, ईंधन संचयन अनुभाग, तकनीकी सेवाएं अनुभाग एवं स्वास्थ्य भौतिकी अनुभाग। सभी परमाणु बिजलीघरों के मुख्य मुद्दों के निर्णय नाभिकीय विद्युत निगम लेता है, और समय-समय पर भारत सरकार की सुरक्षा समिति बिजलीघर के प्रचालन से संबंधित दस्तावेजों का अवलोकन करती है और पायी गयी कमियों को दूर करने के लिए तुरन्त सभी संबंधित व्यक्तियों को अवगत कराते हैं। इसमें मुख्य भूमिका परमाणु ऊर्जा नियामक परिषद निभाती है जो अगर समझे कि सुरक्षा की दृष्टि से परमाणु बिजलीघर असुरक्षित है, तो उस बिजलीघर को बंद तक कराने का आदेश दे सकती है।

आज कुल मिलाकर हमारे परमाणु बिजलीघर पूरी कुशलता से कार्य कर रहे हैं और पूरी कोशिश की जा रही है कि आधुनिक प्रबन्धन के उपायों का अनुसरण करके इनकी कार्यशीलता को और सुंदर व सुदृढ़ बनाया जाये।

अब अन्त में मुझे आप लोगों को यह सूचना देते हुए हर्ष हो रहा है कि मैं जिस संयंत्र में कार्यरत हूँ (तारापुर परमाणु बिजलीघर), वहाँ परमाणु बिजलीघर के अलावा ईंधन बनाने का संयंत्र, अपशिष्ट सुविधाएं, स्वास्थ्य भौतिकी सेवाएँ, केन्द्रीय अग्निशामक सेवाएँ तथा ईंधन पुनर्शोधन संयंत्र भी कार्यरत हैं। □

अनुसंधान रिएक्टर एवं उनके उपयोग

सुरेन्द्र कुमार शर्मा
भाभा परमाणु अनुसंधान केंद्र, ट्राम्बे, बम्बई 400 085

किसी भी देश में परमाणु ऊर्जा और उससे संबंधित कार्यक्रमों के स्थापन में रिएक्टरों का बहुत महत्वपूर्ण योगदान है। अनुसंधान रिएक्टरों द्वारा नाभिकीय विखंडन जैसी जटिल प्रक्रिया और इसके नियंत्रण की जानकारी आसानी से प्राप्त की जा सकती है जो भविष्य में परमाणु बिजलीघरों की संरचना, निर्माण एवं प्रचालन के लिए आवश्यक है। परमाणु बिजलीघरों की अपेक्षा अनुसंधान रिएक्टरों की संरचना सरल होती है और उनका निर्माण भी अपेक्षाकृत काफी कम लागत में संभव है। यही कारण है कि परमाणु बिजलीघरों के निर्माण से पहले अनुसंधान रिएक्टरों की स्थापना को लाभप्रद माना गया है। अनुसंधान रिएक्टरों से प्राप्त न्यूट्रान - पुंज विभिन्न प्रकार के शोध - कार्यों में सहायक होते हैं जिससे देश में वैज्ञानिक संस्कृति की उन्नति होती है। साथ ही, इन रिएक्टरों में रेडियोसमस्थानिकों का उत्पादन भी किया जाता है जिसका उपयोग कृषि, चिकित्सा एवं उद्योग के क्षेत्र में बहुत महत्वपूर्ण है।

अनुसंधान रिएक्टरों में प्राय: यूरेनियम को ईंधन के रूप में प्रयुक्त किया जाता है। जब न्यूट्रान यूरेनियम के नाभिक से टकराते हैं, तो यूरेनियम का विखंडन होता है और साथ ही, ताप और न्यूट्रान भी उत्पन्न होते हैं। विखंडन द्वारा प्राप्त न्यूट्रानों की गति को मंदक द्वारा धीमा किया जाता है। कुछ न्यूट्रान तो रिएक्टर के क्रोड से बाहर निकल जाते हैं और कुछ रिएक्टर के निर्माण में प्रयुक्त पदार्थों द्वारा अवशोषित हो जाते हैं। बाकी बचे न्यूट्रान फिर से यूरेनियम का विखंडन करते हैं और इस प्रकार, विखंडन - श्रंखला जारी रहती है।

रिएक्टर में यूरेनियम को छड़ों के रूप में प्रयोग में लाया जाता है। इन छड़ों पर एल्युमिनियम का कवच चढ़ाया जाता है ताकि विखंडन द्वारा यूरेनियम में उत्पादित रेडियो - सक्रिय पदार्थ बाहर न आ सकें। जब प्राकृतिक यूरेनियम (जिसमें U - 235 की मात्रा लगभग 0.7% होती है) का प्रयोग ईंधन के रूप में करते हैं, तब भारी पानी को मंदक के रूप में काम में लाते हैं। जिन रिएक्टरों में समृद्ध यूरेनियम (जिसमें U - 235 की मात्रा बढ़ा दी जाती है) प्रयुक्त होता है, उनमें मंदक के रूप में साधारण पानी का इस्तेमाल किया जाता है।

विखंडन द्वारा यूरेनियम में उत्पादित ताप के निष्कासन हेतु ईंधन छड़ों पर शीतलक प्रवाहित किया जाता है जिससे कि यूरेनियम और उस पर लगे कवच का तापमान नियंत्रण में रखा जा सके। बाद में शीतलक को ताप - विनिमयकों में समुद्र - जल अथवा कूलिंग - टावरों से प्राप्त पानी द्वारा ठंडा कर, उसे वापस ईंधन छड़ों पर प्रवाहित किया जाता है और इस प्रकार, शीतलक एक बंद चक्र में प्रवाहित होता रहता है। साधारण पानी अथवा भारी पानी, दोनों को ही शीतलक के रूप में उपयोग में लाया जा सकता है। विकिरणों से कर्मचारियों के बचाव के लिए रिएक्टर को भारी कंकरीट की दीवारों के अन्दर रखा जाता है। अधिक क्षमता वाले रिएक्टरों को एक कंकरीट के भवन में स्थापित किया जाता है ताकि कोई दुर्घटना होने पर भी रेडियो - सक्रिय पदार्थ बाहर न आ सकें और जनजीवन और पर्यावरण पर उनका कोई असर न हो। रिएक्टर को जरूरत पड़ने पर तुरंत बंद करने के लिए शट - डाऊन छड़ों का प्रयोग किया जाता है। ये छड़ें बोरान और कैडमियम जैसे पदार्थों की बनी होती हैं जो बहुत अधिक मात्रा में न्यूट्रानों का अवशोषण करने की क्षमता रखते हैं। जब रिएक्टर कार्यरत होता है, तो ये छड़ें रिएक्टर से बाहर ऊपर की ओर विद्युत चुम्बकीय क्लचों द्वारा लटकी रहती हैं। जब रिएक्टर को बंद करना होता है, तो इन क्लचों में विद्युत प्रवाह बंद कर दिया जाता है जिससे ये छड़ें गुरूत्वाकर्षण द्वारा रिएक्टर के अंदर तेजी से घुस जाती हैं। इन छड़ों द्वारा अत्यधिक न्यूट्रान अवशोषण के फलस्वरूप, पर्याप्त मात्रा में न्यूट्रान उपलब्ध नहीं हो पाते और विखंडन श्रंखला टूटने से रिएक्टर बंद हो जाता है।

रिएक्टर के बंद हो जाने पर भी ईंधन छड़ों में विकिरण पदार्थों के क्षय द्वारा कुछ मात्रा में ताप उत्पन्न होता रहता है। इसी कारण रिएक्टर की बंद अवस्था में भी ईंधन पर शीतलक का प्रवाह बनाये रखने का समुचित प्रबंध होता है। अगर

केसी कारण वश शीतलक पाइप टूट जाए, तो शीतलक बह कर बाहर आ सकता है। वैसे तो संरचना इस प्रकार की होती है कि इसकी आशंका नगण्य होती है, तथापि ऐसी स्थिति में भी ईंधन पर शीतलक का प्रवाह बनाये रखने का प्रावधान किया जाता है जिसे आपात्कालीन क्रोड शीतलन तंत्र कहते हैं। इसमें टूटे हुए पाइप से बह कर आये शीतलक को टैंक में इकठ्ठा कर, वहां से पंप द्वारा इसे वापस ईंधन के ऊपर प्रवाहित करने का इन्तजाम किया जाता है।

अनुसंधान रिएक्टरों और परमाणु बिजली घरों की कार्य - प्रणाली मूलत: समान है। अंतर यह है कि परमाणु बिजली घरों में नाभिकीय विखंडन द्वारा उत्पन्न ताप से पानी को भाप में परिवर्तित किया जाता है। इस भाप से टरबाइन को चलाया जाता है और टरबाइन के साथ जुड़े जनित्र के घूमने से विद्युत उत्पन्न होती है। ताप को अधिक से अधिक मात्रा में विद्युत में परिवर्तित करने हेतु परमाणु बिजली घरों में शीतलक को उच्च दबाव व उच्च तापमान पर रखा जाता है। चूंकि अनुसंधान रिएक्टरों का उद्देश्य बिजली बनाना नहीं है, इनमें शीतलक बहुधा कम तापमान व कम दबाव पर रहता है।

अनुसंधान रिएक्टर मौलिक एवं अनुप्रयुक्त शोध कार्य के लिए अत्यधिक उपयोगी हैं। न्यूट्रॉन पुंजों को नलिकाओं द्वारा रिएक्टर के क्रोड से बाहर लाया जाता है और इनका उपयोग विभिन्न प्रकार के शोध - कार्यों में किया जाता है। विभिन्न पदार्थों को रिएक्टर के क्रोड में रखकर उन पर न्यूट्रॉन विकिरण के प्रभावों का भी अध्ययन संभव है। अनुसंधान रिएक्टरों में स्थापित - पानी के लूप भी लगाये जाते हैं जिनमें उच्च दबाव और तापमान पर शीतलक एक बंद चक्र में प्रवाहित किया जाता है। इन लूप - सुविधाओं में परमाणु बिजली घरों में उपयोग हेतु विभिन्न प्रकार की संरचनाओं के नाभिकीय ईंधन और अन्य पदार्थों का अध्ययन किया जाता है। अनुसंधान रिएक्टरों का एक विशेष उपयोग रेडियोसमस्थानिक उत्पादन है। रिएक्टर के क्रोड में विभिन्न पदार्थों को न्यूट्रॉनों द्वारा किरणित कर रेडियोसमस्थानिकों का उत्पादन किया जाता है। ये रेडियोसमस्थानिक चिकित्सा, कृषि एवं उद्योग में अत्यंत उपयोगी होते हैं और आज हमारे देश में भारी पैमाने पर इनका उपयोग हो रहा है।

हमारे देश में परमाणु ऊर्जा के कार्यक्रम के आरम्भ में ही अनुसंधान रिएक्टर स्थापित करने का निर्णय किया गया और हमारा पहला 1 मेगावाट क्षमता का अनुसंधान रिएक्टर, 'अप्सरा' वर्ष 1956 में क्रान्तिक हो गया। वर्ष 1960 में 40 मे. वा. क्षमता का एक बड़ा रिएक्टर, 'साइरस' क्रांतिक हुआ और 1961 में एक छोटा रिएक्टर, 'जरलीना' रिएक्टर - भौतिकी के प्रयोगों के लिए बनाया गया। वर्ष 1983 में 'जरलीना' का उद्देश्य और उपयोग पूरा होने पर इसे विप्राधिकृत (डि-कमीशन) कर दिया गया।

इन रिएक्टरों से प्राप्त अनुभवों के आधार पर एक और उच्च क्षमता वाले अनुसंधान रिएक्टर की आवश्यकता महसूस की गयी जिसका विज्ञान एवं अभियांत्रिकी के अग्रणी क्षेत्रों में शोध - कार्यों में उपयोग किया जा सके और देश में रेडियोसमस्थानिकों की बढ़ती हुई मांग को पूरा किया जा सके। तदनुसार 100 मेगावाट क्षमता के 'ध्रुव' रिएक्टर की स्थापना वर्ष 1985 में हुई। ध्रुव रिएक्टर की अभिकल्पना, संरचना, विस्तृत अभियांत्रिकी एवं निर्माण व प्रचालन पूर्णरूपेण स्वदेशी प्रयासों का परिणाम है। भाभा परमाणु अनुसंधान केन्द्र के अभियंताओं एवं वैज्ञानिकों के अतिरिक्त, देश की विभिन्न संस्थाओं एवं उद्योगों ने भी इसमें सक्रिय भाग लिया है।

भारत में अनुसंधान रिएक्टरों की संरचना, निर्माण एवं प्रचालन का अनुभव अत्यंत संतोषजनक है। इन रिएक्टरों का अनुसंधान कार्यों एवं रेडियोसमस्थानिक उत्पादन में बहुत ही महत्वपूर्ण योगदान रहा है। साथ ही, देश के परमाणु ऊर्जा कार्यक्रमों के लिए वैज्ञानिकों, अभियंताओं एवं तकनीकी कर्मचारियों के प्रशिक्षण में भी हमारे अनुसंधान रिएक्टरों ने बहुत महत्वपूर्ण भूमिका निभायी है। पूर्णत: स्वदेशी प्रयासों द्वारा निर्मित हमारा ध्रुव रिएक्टर आज संसार के नाभिकीय क्षितिज पर गौरव के साथ चमक रहा है और हमारे अभियंताओं एवं वैज्ञानिकों पर देश के अटूट विश्वास का यह एक सुन्दर प्रतीक है। □

नाभिकीय ऊर्जा कार्यक्रम में द्रुत प्रजनक रिएक्टरों का महत्व

आर. शंकर सिंह
इन्दिरा गांधी परमाणु अनुसंधान केंद्र,
कल्पाक्कम (तामिलनाडु) - 603 102

भारत में संभाव्य ऊर्जा स्रोत इस प्रकार हैं :

कोयला : कुल - 170 अरब टन
सिद्ध - 50 अरब टन
सूचित - 70 अरब टन
अनुमानित - 50 अरब टन

खनिज तेल व गैस

सूचित - 17 अरब टन
हाइड्रो (जलप्रपात) अनुमानित - 100,000 मेगावाट
यूरेनियम - 70,000 टन
थोरियम - 360,000टन

भारत की स्थिति

भारत में प्रस्तुत बिजली क्षमता 55,000 मेगा वाट की है। भारत की जनता के जीवन स्तर को ऊँचा करने के लिए वर्ष 2050 में बिजली की मांग 400,000 मेगा वाट तक बढ़ जाएगी, लेकिन प्रस्तुत गति से कोयले का इस्तेमाल अगर होता रहा, तो सिद्ध कोयला 2050 तक खत्म हो जायेगा। देश में खनिज तेल व गैस बहुत कम हैं और इनकी अन्य जरूरतें भी हैं। हायड्रो ऊर्जा सिर्फ 12% उपलब्ध है। सौर, वायु, सागर, गोबर गैस आदि ऊर्जा का प्रयोग बहुत सीमित रहेगा, इसलिए भारत में सिर्फ नाभिकीय ऊर्जा ही पर्याय स्रोत हो सकता है। दुनियाँ में प्रस्तुत नाभिकीय ऊर्जा से बिजली की क्षमता इस प्रकार है :

स्थापित - 312,000 मेगा वाट
निर्माणाधीन - 124,000 मेगा वाट

फ्राँस में नाभिकीय ऊर्जा से बिजली का उत्पादन 70% तक हो रहा है।

भारत का नाभिकीय ऊर्जा कार्यक्रम

डॉ. भाभा ने भारत में नाभिकीय ऊर्जा का कार्यक्रम तीन चरणों में आयोजित किया था।

पहला चरण - भारीजल अवमंदित रिएक्टरों का निर्माण, जिनसे 10,000 - 15,000 मेगा वाट बिजली पैदा की जाएगी। इन रिएक्टरों में प्राकृतिक यूरेनियम का प्रयोग होगा और साथ में 3 टन प्लूटोनियम प्रति वर्ष उत्पन्न होगा।

दूसरा चरण - प्लूटोनियम और क्षामित यूरेनियम का प्रयोग जो पहले चरण से मिलेंगे, द्रुत प्रजनक रिएक्टरों में किया जाएगा, जिनसे 350,000 मेगा वाट की बिजली पैदा हो सकेगी और साथ ही साथ, अधिक प्लूटोनियम का उत्पादन भी होगा।

तीसरा चरण - इस में थोरियम प्रजनक रिएक्टर बनाये जाएंगे जिनसे 1000,000 मेगा वाट की बिजली पैदा की जाएगी।

प्रजनन के सिद्धांत

नाभिकीय रिएक्टरों में विखंडनीय ईंधन Pu - 239 और U - 233 का उत्पादन निम्नलिखित नाभिकीय अभिक्रियाओं से होता है।

$$U\text{-}238 + n \xrightarrow[23m]{} Np\text{-}239 \xrightarrow[2.3\,d]{} Pu\text{-}239$$

$$Th\text{-}232 + n \xrightarrow[22m]{} Pa\text{-}233 \xrightarrow[27d]{} U\text{-}233$$

प्रजनन अनुपात की परिभाषा इस प्रकार है :

$$\text{प्रजनन अनुपात (प्र.अ.)} = \frac{\text{नये ईंधन का उत्पादन}}{\text{नष्ट ईंधन}}$$

तापीय रिएक्टरों में प्र. अ. 0.6 - 0.7 तक ही होता है। द्रुत न्यूट्रानों द्वारा विखंडन से अधिक न्यूट्रानों की उत्पत्ति होती है। द्रुत रिएक्टरों में प्र. अ. 1.2 से 1.4 तक हो सकता है जिस से नया ईंधन ज्यादा पैदा किया जा सकता है। द्रुत रिएक्टरों में U-238 का विखंडन भी संभव है जिससे नाभिकीय ऊर्जा U-238 से भी पैदा हो सकती है। इस तरह द्रुत रिएक्टरों में यूरेनियम का प्रयोग 100 गुना अधिक हो सकता है और यूरेनियम का दक्षता पूर्वक प्रयोग किया जा सकता है। द्रुत प्रजनक रिएक्टरों से नाभिकीय शक्ति का उत्पादन अधिक हो सकेगा जो कि सिर्फ अवमंदित रिएक्टरों के द्वारा नहीं हो सकता।

द्रुत प्रजनक रिएक्टरों के गुण

द्रुत प्रजनक रिएक्टरों के गुण निम्नलिखित चित्र में सूचित किये गये हैं। प्रचलित द्रुत प्रजनक रिएक्टरों को द्रव धातु शीतलित द्रुत प्रजनक रिएक्टर Liquid Metal (Sodium) Cooled Fast Breeder Reactor (LMFBR) कहते हैं। ये दो तरह के होते हैं — पूल (तालाबी) रिएक्टर और

लूप रिएक्टर।

कल्पाक्कम में द्रुत प्रजनक रिएक्टरों का कार्यक्रम

डॉ. भाभा के दूसरे चरण के आयोजन को लागू करने के लिए कल्पाक्कम में इन्दिरा गांधी परमाणु अनुसंधान केंद्र स्थापित किया गया है। इस केंद्र के मुख्य लक्ष्य द्रुत प्रजनक परीक्षण रिएक्टर (Fast Breeder Test Reactor) का निर्माण और द्रुत प्रजनक रिएक्टर तकनीकी से संबंधित अनुसंधान व विकास कार्य हैं। यहाँ का द्रुत प्रजनक रिएक्टर द्रव सोडियम शीतलित, यूरेनियम प्लूटोनियम के मिश्र कार्बाइड ईंधन से चालित लूप किस्म का रिएक्टर है। यह रिएक्टर अक्तूबर 1985 में क्रांतिक हुआ। यह 40 मेगावाट (तापीय) और 13.5 मेगावाट (विद्युत) क्षमता वाला रिएक्टर है। यह संसार में यूरेनियम-प्लूटोनियम के मिश्र कार्बाइड ईंधन से चलने वाला एकमात्र रिएक्टर है। इसके मुख्य प्राचल सारणी -1 में दिये गये हैं। इस रिएक्टर के द्वारा भारतीय वैज्ञानिकों और अभियंताओं ने द्रव धातु शीतलित द्रुत प्रजनक रिएक्टरों के अभिकल्पन, निर्माण और संचालन के सभी पहलुओं का गहराई से अध्ययन किया और बहुमूल्य अनुभव प्राप्त किया।

सारणी - 1

प्राचल	परीक्षण रिएक्टर	प्रोटोटाइप रिएक्टर
रिएक्टर शक्ति (मे. वा. तापीय/मे. वा. विद्युत)	40/13.2	1200/500
अभिकल्पना का नमूना	लूप नमूना	पूल (तालाबी)
ईंधन घटक संख्या	65	180
क्रोड ऊँचाई (मीटर)	0.32	1.0
व्यास (मीटर)	0.46	1.9
अंदरूनी शीतलक उष्णोग्रता (° से.)	380	380
बाहरी " "	515	530
पहली शीतलक प्रवाह (टन/सेकंड)	0.3	6.6
पहले पंपों की संख्या	2	4
उष्णता विनिमायक संख्या	2	8
द्वितीय लूप संख्या	2	4
वाष्प का तापमान (° से.)	480	480
वाष्प का दाब (MPa)	12.5	17

द्रुत प्रजनक परीक्षण रिएक्टर के संचालन से प्राप्त अनुभव से इस केंद्र के वैज्ञानिकों और अभियंताओं को व्यावसायिक द्रुत प्रजनक बिजलीघरों के अभिकल्पन व निर्माण के लिए आवश्यक ज्ञान एवं आत्मविश्वास मिला है। इस के आधार पर 500 मेगा वाट क्षमता के प्रोटोटाइप द्रुत प्रजनक बिजलीघर का अभिकल्पन किया गया है। इस रिएक्टर के प्राचल भी सारणी -1 में दिये गये हैं। यह रिएक्टर पूल किस्म का होगा। 500 मेगा वाट क्षमता के इस बिजलीघर के निर्माण की दिशा में इस केंद्र में कार्य आरंभ किया जा चुका है और इसका संचालन वर्ष 2000 में करने का आयोजन किया गया है।

रिएक्टर सुरक्षा

रिएक्टर सुरक्षा निम्नलिखित तीन स्तरों में की जाती है :

1) अभिकल्पन में अन्तर्निहित सुरक्षा व्यवस्था
   — विभिन्न स्तर के अवरोधों का अभिकल्पन
   — ऋणात्मक अभिक्रियता गुणांक
2) संयंत्र संरक्षण तंत्र
   — नियंत्रण सुरक्षा छड़ों का प्रयोग
   — इंजीनियरी, संरक्षण का अभिकल्पन
3) रिएक्टर संरोधन (Containment) का प्रबंध

रेडियो धर्मी द्रव्यों को पर्यावरण में जाने से रोकने के लिए रिएक्टरों में अलग-अलग स्तरों में अवरोध बनाये जाते हैं। पहला अवरोध ईंधन आवरण, दूसरा अवरोध रिएक्टर पात्र, तीसरा दोहरे आवरण का अवरोध और चौथा सुरक्षा पात्र और पांचवा संरोधन भवन है। इन अवरोधों से किसी भी तरह की दुर्घटनात्मक परिस्थिति में रेडियो धर्मी द्रव्यों को पर्यावरण में जाने से रोका जा सकता है और जनता की सुरक्षा ठीक तरह की जा सकती है।

□

रिएक्टर सुरक्षा एवं नियामक पहलू

सुधाकर सोमण
परमाणु ऊर्जा नियामक परिषद
विक्रम साराभाई भवन, अणुशक्ति नगर, बम्बई - 400 094.

नाभिकीय परियोजनाओं में सुरक्षा का महत्त्वपूर्ण स्थान है। किसी भी नाभिकीय परियोजना में सुरक्षा संबंधी जांच पड़ताल परियोजना के लिए स्थल चयन से ही प्रारम्भ हो जाती है तथा यह सुरक्षा-समीक्षा परियोजना के प्रत्येक स्तर पर की जाती है। ये स्तर मुख्यत: इस प्रकार हैं :

1. स्थल चयन, 2. अभिकल्पन, 3. निर्माण, 4. प्राधिचालन (कमिशनिंग), 5. प्रचालन और अनुरक्षण। अन्ततः, नाभिकीय संयन्त्र के विप्राधिचालन के लिए भी सुरक्षा की गहरी समीक्षा की जाती है।

1. स्थल चयन

स्थल चयन के लिए जिन बातों का मूल्यांकन किया जाता है वे हैं: 1. प्राकृतिक विपदाओं की सम्भावना जैसे भूकंप, बाढ़, चक्रवात इत्यादि, 2. मानवप्रेरित दुर्घटनाएं, जैसे वायुयान का ध्वंस, विस्फोट आदि। इसके अतिरिक्त, स्थानीय जलवायु, भूमिगत जलस्तर व आबादी को भी स्थल के अध्ययन में शामिल किया जाता है। मुख्य बातें जिन के आधार पर कोई स्थल स्वीकार्य हो सकता है, वे हैं :

(क) भूकम्पीय कटिबन्ध-4 या उससे अधिक वाले क्षेत्र में स्थल नहीं होना चाहिए, (ख) किसी भूगर्भीय भ्रंश से 5 कि.मी. दूरी के अंदर यह स्थल नहीं होना चाहिए, (ग) किसी बड़े हवाई अड्डे से 8 कि.मी. की दूरी के अन्दर यह स्थल नहीं होना चाहिए, (घ) स्थल किसी विस्फोटक पदार्थ के भंडारण से 5 कि.मी. से अधिक दूर होना चाहिए, (च) स्थल के क्षेत्र में भूमिगत जल का स्तर 2 मी. से अधिक होना चाहिए, (छ) स्थल से 5 कि.मी. दूरी तक 2000 से अधिक जनसंख्या की आबादी नहीं होनी चाहिए। 10 कि.मी. दूरी तक 10,000 से अधिक की आबादी वाला कोई केन्द्र नहीं होना चाहिए। 30 कि.मी. के अन्दर 1,00,000 की आबादी का कोई केन्द्र नहीं होना चाहिए। मानव जनसंख्या के अतिरिक्त, वन्य जन्तुओं के शरण-स्थल की सुरक्षा को भी ध्यान में रखा जाता है। स्थल के समीप बहने वाली किसी नदी के ऊपरी क्षेत्र में बने बांध को भी समीक्षा में सम्मिलित किया जाता है, ताकि इसके टूटने से संभावित बाढ़ के खतरे को भी आँका जा सके। इन सब जाँच परखों के अतिरिक्त, स्थल की स्वीकृति के लिए प्रदेश व केन्द्रीय पर्यावरण मंत्रालयों की अनुमति लेनी भी आवश्यक होती है। इस प्रकार, स्थल संबंधी सुरक्षा के समस्त आयाम प्रारम्भ में ही सुनिश्चित कर लिये जाते हैं।

2. अभिकल्पन

परमाणु भट्टी की अभिकल्पना में सुरक्षा संबंधी जो बातें मुख्य हैं, वे इस प्रकार हैं; प्रथम, रिएक्टर को सभी (सामान्य एवं असामान्य) अवस्थाओं में बंद कर सकने की क्षमता। द्वितीय, रिएक्टर को बंद अवस्था में लाने के पश्चात् भी ईंधन को ठंडा रखने के उपाय। तृतीय, रेडियोसक्रिय पदार्थों को पर्यावरण में आने से रोकना और किसी भी हालत में उनको स्वीकृत सीमाओं से अधिक न होने देना।

रिएक्टर को बंद करना : किसी भी नाभिकीय रिएक्टर में संभवत: सबसे महत्त्वपूर्ण अभियांत्रिक सुरक्षा कार्य है, इसे तत्काल ठप्प करना। दाबित भारी पानी रिएक्टरों में यह सुनिश्चित करने के लिए कि रिएक्टर तुरंत बंद किया जा सके और जब स्थिति की मांग हो, तो इसे इसी अवस्था में रखा जा सके, दो स्वतन्त्र प्रणालियां अपनायी जाती हैं। रिएक्टर को बंद करने का तरीका या तो गुरुत्वाकर्षण के प्रभाव द्वारा मंदक को क्रोड से बाहर गिराना, या रिएक्टर में गुरुत्वाकर्षण के प्रभाव से ठोस नियंत्रक छड़ों का गिरना अथवा रिएक्टर में स्थित ट्यूबों में न्यूट्रान अवशोषक तरल भरना होता है।

रिएक्टर बंद करने की प्रत्येक युक्ति किसी बाह्य, सक्रिय विद्युत स्रोत पर निर्भर न हो कर या तो गुरुत्वाकर्षण के माध्यम से कार्य करती है या एकत्रित (दबाव) ऊर्जा के द्वारा कार्य करती है। इसी प्रकार, ट्रिगरिंग यंत्र को अपने कार्य के लिए, ऊर्जा अविच्छिन्न विद्युत स्रोत से मिलती रहती है।

बंद अवस्था में भी ईंधन को ठंडा रखना : रिएक्टर क्रोड से ऊष्मा हटाने के लिए अभियांत्रिक साधनों को कड़े सुरक्षा मानकों के अधीन अभिकल्पित व निर्मित किया जाता है। पी.एच.टी. पम्पों की संख्या दुगुनी रखी जाती है। एक रिएक्टर में ऐसे चार या आठ पम्प प्रयुक्त किये जाते हैं, ताकि एक या दो पम्प उपलब्ध न होने पर भी, रिएक्टर कम बिजली

ा करके अपना सामान्य प्रचालन जारी रख सके। प्रत्येक ा.एच.टी. पम्प में एक फ्लाइव्हील लगा होता है जो यह निश्चित करता है कि यदि प्रचालन के दौरान सभी. पी. व. टी. पम्प बंद हो जाएं, तब भी कुछ सैकन्डों तक जल वाह जारी रहे, ताकि इस बीच में रिएक्टर बिना अधिक रम हुए बंद किया जा सके। पी. एच.टी. पम्पों द्वारा उपलब्ध ामान्य शीतलन के साथ-साथ, बायलरों से वातावरण में वाष्प ोड़ कर उन्हें शीघ्रता से ठंडा करने की व्यवस्था होती है। ीघ्रता से ठंडा करने की इस विधि द्वारा क्रोड के तापमान ो समुचित कम समय में 150° से. तक कम किया जा कता है। इसके अलावा, केवल बंद करने के बाद की शीतलन णाली द्वारा भी शीतलन की व्यवस्था की जाती है जिसमें ाुने पम्प और ऊष्मा विनिमायक होते हैं जो केन्द्र की आपात ालीन बिजली आपूर्तिव्यवस्था से बिजली प्राप्त करते हैं।

ेडियोधर्मी पदार्थों को पर्यावरण में आने से रोकना : दाबित ारी पानी रिएक्टरों में रेडियाधर्मी पदार्थों को पर्यावरण में आने ' रोकने के लिए निम्न साधन उपलब्ध होते हैं :

क) यूरेनियम परमाणु ईंधन एक उच्च घनत्व वाला आक्साइड ाता है, इसलिए विखंडन प्रक्रिया के दौरान ईंधन में जो रेडियोधर्मी त्व पैदा होते हैं, वे ईंधन टिकिया के अन्दर ही रह जाते । (ख) ईंधन की छड़ें जिर्कोनियम मिश्रधातु की परत के ंदर बंद रहती हैं, अत: जो भी रेडियोधर्मी अणु ईंधन टिकिया ' बाहर निकलते हैं, वे इस परत द्वारा रोक दिये जाते हैं, ग) ईंधन छड़ें शीतलक नली के अंदर रहती हैं। अत:, छड़ ी परत में यदि कोई छिद्र हो, तो उससे निकलने वाले अणु ीतलक नली में रह जाते हैं। (घ) परमाणु भट्टी का क्रोड रीब 2.5 मीटर लोहे व कांक्रीट की दीवार के अंदर बंद हता है। इस दीवार को कवच कहते हैं। यह दीवार क्रोड ा निकलने वाले विकिरणों को पूरी तरह सोख लेने में सक्षम ोती है। इस प्रकार, सामान्य प्रचालन के दौरान न तो कार्मिकों ो और न ही आसपास के जन सामान्य को विकिरण का ोई जोखिम रहता है।

दाबित भारी पानी रिएक्टर में सबसे पहला और मुख्य संरोधक वयं उसकी ईंधन सामग्री ही है। यूरेनियम डाइ-आक्साइड ो जिसमें कि विखंडनीय U-235 रहता है, यदि सही रूप ं अभिकल्पित किया एवं बनाया जाए, तो अनेक गंभीर ुर्घटनाओं की स्थिति में भी वह 99% तक विखंडन से प्राप्त रेडियोसक्रिय पदार्थों को अपने भीतर रोके रखने की क्षमता रखता है। इसका गलनांक बहुत अधिक (लगभग 2800° से.) होता है, जो कि सामान्य अवस्थाओं में ईंधन के सबसे गरम भाग के तापमान (लगभग 1500° से.) से भी काफी ज्यादा होता है। अच्छी प्रकार से अभिकल्पित एवं निर्मित आक्साइड ईंधन का आवरण, शीतलक नलियों एवं रिएक्टर पात्र की नलियों का जिरकलाय नामक पदार्थ भी इनकी अखण्डता बनाये रखता है। न्यूट्रान किरणन के प्रभाव में इस पदार्थ की मजबूती भी बनी रहती है और इसे अभीष्ट प्रयोग के लिए आसानी से आवश्यकतानुसार किसी भी रूप में परिवर्तित तथा मशीनित किया जा सकता है। यह प्रचालन अवस्था के तापमान पर ईंधन तथा जल से अप्रभावित रहता है। अधिक तापमान पर पानी के साथ इसकी अभिक्रिया होती है, इसलिए कुछ अभिधारित दुर्घटनाओं का सुरक्षा संबंधी विश्लेषण करते समय जिरकलाय तथा पानी की अभिक्रिया के रासायनिक प्रभावों की ओर ध्यान रखा जाता है तथा संरोधनों का तदनुसार अभिकल्पन किया जाता है।

दाबित भारी पानी किस्म के रिएक्टरों में कम दबाव वाले मन्दक का प्रावधान होता है जो कि अधिक दबाव वाले शीतलक से पृथक है। कम दबाव वाला यह मन्दक जल ऐसी अभिधारित घटनाओं में जहां शीतलक जल का बहिस्राव होता है (लास आफ कूलैन्ट ऐक्सीडेंट), संचित ऊष्मा को सोखने का अंतिम सहारा है। प्रेशर वैसल के स्थान पर प्रेशर ट्यूबों का प्रयोग लास आफ कूलैन्ट एक्सीडेंट को अधिकतम हेडर के फटने तक ही सीमित रखता है। प्राथमिक शीतलक पम्पन व्यवस्था के पूर्णतया समाप्त हो जाने पर रिएक्टर से अपेक्षाकृत अधिक ऊंचाई पर स्थित हैडर एवं बायलर, स्वाभाविक रूप से थर्मोसाइफन विधि द्वारा शीतलन का कार्य करते हैं।

जैसा कि पहले कहा जा चुका है, रेडियोधर्मिता के सभी स्रोत, एक के पीछे एक संरोधक लगाने से अंदर ही रोक लिये जाते हैं तथा सुरक्षा - संरोधकों की एक श्रंखला द्वारा सुरक्षा प्राप्त की जाती है। संयंत्र में किसी भी प्रकार की गड़बड़ी होने पर चाहे वह सामान्य हो या असामान्य, प्रत्येक संरोधक स्वतंत्र रूप से सुरक्षा के लिए पर्याप्त होगा। फिर भी, बुद्धिमत्ता इसी में है कि एक के पीछे एक संरोधक लगाकर सुरक्षा के अतिरिक्त साधन जुटाए जाएं, यद्यपि प्रत्येक संरोधक के अभिकल्पन, निर्माण, परीक्षण एवं अनुरक्षण तथा निरीक्षण करते समय

अतिरिक्त संरोधकों की गणना नहीं के बराबर की जाती है। वस्तुत: प्रत्येक सुरक्षा- संरोधक एक अंतिम सहारा समझा जाता है और इसी के अनुसार उसका अनुरक्षण किया जाता है।

नाभिकीय रिएक्टर सुरक्षा में पहला स्वयंसिद्ध सिद्धांत यह है कि बचाव के लिए सुरक्षा के किसी भी एक ही साधन पर कभी भी पूर्णतया निर्भर नहीं रहना चाहिए। ये साधन हमेशा समानांतर रूप में दोहरे स्तर पर बनाये रखे जाने चाहिए ताकि प्रत्येक प्रकार के कम से कम एक या उससे अधिक यंत्रों/साधनों को चालू हालत में रखने के लिए उनका निरीक्षण, परीक्षण और यदि आवश्यक हो, तो उनकी मरम्मत या उनको बदलने का कार्य भी किया जा सके। यह तभी संभव है, जब प्रत्येक सुरक्षा-साधन के साथ, अतिरिक्त साधन भी अपनाये जाएं, जैसे कि रिएक्टर को शीतल रखने के लिए चार या आठ तक शीतलक पम्प लगाये जाते हैं।

शीतलक की क्षति से होने वाली दुर्घटना की स्थिति में: परमाणु संयंत्र के अभिकल्पन में असाधारण स्थितियों से निपटने के लिए भी व्यवस्था होती है। यह व्यवस्थाएं इस प्रकार हैं: शीतलक की क्षति की स्थिति में परमाणु भट्टी स्वयं बंद हो जाती है और भट्टी के क्रोड को शीतल करने के लिए आपातकालीन व्यवस्था रहती है। यदि शीतलक की हानि अत्यधिक हो, जैसे कि शीतलक की नली टूटने से हो सकती है, तो ऐसी स्थिति में डाऊजिंग या दबाव घटाने के संयंत्रों का उपयोग किया जाता है। अन्तत:, यदि रेडियोधर्मी पदार्थ भट्टी से बाहर निकल पड़ें, तो परमाणु भट्टी के भवन का सुरक्षा आवरण (कन्टेनमेन्ट) समस्त विखंडन तत्वों को अपने अंदर समाये रखता है। इस प्रकार, परमाणु भट्टी के अभिकल्पन व निर्माण में इतने बहुस्तरीय प्रावधान होते हैं कि संयंत्र के बाहर जन सामान्य को कोई भी हानि पहुँचने की संभावना नगण्य हो जाती है तथा संयंत्र के निर्माण में प्रयुक्त होने वाले समस्त अवयवों का गुणवत्ता आश्वासन इस तरह किया जाता है कि निर्माण विश्वसनीय हो।

सहायक विद्युत स्रोत

पूरे बिजली घर की प्रचालन प्रणालियों के सभी सहायक विद्युत-घरों एवं सुरक्षा/ बचाव प्रणालियों के लिए बिजली की आपूर्ति हेतु पर्याप्त सहायक स्रोतों की व्यवस्था की जाती है। सहायक प्रणाली के प्राथमिक विद्युत शक्ति स्रोत को श्रेणी चार के बिजली स्रोत के रूप में जाना जाता है। सामान्यत:, यह दो स्रोतों, यूनिट जेनरेटर और ग्रिड से प्राप्त की जाती है। बिजली की आपूर्ति में इन दोनों में से किसी एक स्रोत के विफल हो जाने पर बिजली आपूर्ति का काम अपने आप ही वैकल्पिक स्रोत पर आ पड़ता है। श्रेणी चार की संपूर्ण बिजली आपूर्ति के विफल हो जाने की स्थिति में मुख्य उपस्कर, जैसे बायलर फीड पंप, कंडेंसर, शीतलन पंप आदि जो कि बिजली उत्पादन के लिए तो आवश्यक हैं, परंतु सुरक्षा के मामले में गौण हैं, अपना कार्य करना बंद कर देते हैं। श्रेणी चार की बिजली की आपूर्ति न होने पर आवश्यक भार, जैसे शट डाऊन शीतलन, मन्दक पम्प, आपातकालीन शीतलन पम्प आदि, एक दो मिनट के अंदर दो डीजल जेनरेटरों में से किसी एक से बिजली प्राप्त कर सकते हैं, यद्यपि एक जेनरेटर ही पूरा आपातकालीन भार वहन कर सकता है।

सुरक्षा/बचाव प्रणाली के लिए जो कि बिजली का एक पल का व्यवधान भी सहन नहीं कर सकती, श्रेणी दो की प्रणाली द्वारा बिजली प्रदान की जाती है। यह विद्युत प्रणाली सामान्यत: श्रेणी चार की बिजली आपूर्ति से ऊर्जा प्राप्त करती है। सुरक्षा प्रणाली, दो मोटर जेनरेटरों में से किसी भी एक से किसी भी समय बिजली प्राप्त कर सकती है। प्रत्येक सेट श्रेणी दो के आपातकालीन भार का वहन कर सकता है और दोनों जेनरेटर सेट एक दूसरे के सहायक होते हैं। ये जेनरेटर सेट श्रेणी चार की असफलता पर तब तक बिजली उत्पादन जारी रखने की क्षमता रखते हैं, जब तक कि कोई डीजल जेनरेटर सेट आपातकालीन भार वहन न करन लगे। आधुनिक अभिकल्पनों में मोटर जेनरेटर सेटों के स्थान पर विश्वस्त स्टैटिक इनवर्टर और रेक्टिफायर उपयोग में लाये गये हैं।

श्रेणी चार एवं श्रेणी तीन के असफल हो जाने पर ये मोटर जेनरेटर सेट अपनी बिजली केंद्र की बैट्रियों से प्राप्त करते हैं। केंद्र की बैट्रियां अति आवश्यक सुरक्षा कार्य के लिए भी दिष्ट धारा बिजली की आपूर्ति करती हैं और श्रेणी एक की बिजली आपूर्ति प्रणाली कही जाती हैं। सामान्य प्रचालन की अवस्था में ये बैट्रियां श्रेणी चार बिजली आपूर्ति द्वारा चालित रेक्टिफायर्स के माध्यम से पूर्णतया चार्ज रहती हैं और बीस मिनट तक श्रेणी दो का भार वहन करने में समर्थ होती हैं।

प्रशासनिक सुरक्षा उपाय

समस्त सुरक्षा प्रावधानों के बावजूद दुर्घटनाएं असंभव नहीं होतीं। उनकी सम्भावना अवश्य नगण्य हो जाती है। सुरक्षा

ह हित में मरफी का यह नियम मान लिया जाता है कि 'यदि ुछ गलत घटित हो सकता है तो वह होगा'। इसके लिए शासनिक नियन्त्रक को महत्त्वपूर्ण स्थान दिया गया है।

प्रशासनिक नियंत्रक का क्षेत्र अभिकल्पन से प्रारंभ हो कर, ामान्य प्रचालन चरण तक होता है। प्रत्येक चरण में निष्पक्ष ेशेषज्ञों द्वारा स्वतंत्र रूप से उसकी जांच की जाती है ताकि भिकल्पन और निर्माण में भूल से हुई त्रुटियों का पता लगाया ा सके और हार्डवेयर में परिवर्तित होने से पहले ही उसे ुधारा जा सके। भारत में विभिन्न निकायों, जैसे इकाई सुरक्षा मिति, स्थानीय परिचालन पुनरावलोकन समिति और विभागीय ुरक्षा पुनरावलोकन समिति द्वारा दो या तीन स्तरों पर समीक्षा वं जांच - पड़ताल की जाती है। परमाणु ऊर्जा नियामक रिषद (ए.इ.आर.बी.) स्वतंत्र रूप से समय - समय पर ेभागीय औद्योगिक सुविधाओं की जांच पड़ताल करती है। यंत्र का प्रचालन एवं प्रचालकों के प्रशिक्षण का पुनरावलोकन ी इसी जाँच - पड़ताल के अन्तर्गत आता है।

अभिकल्पकों एवं प्रबंधकों द्वारा वर्णित सुरक्षा व्यवस्था को पकरणों में तथा प्रक्रिया विधियों में व्यावहारिक रूप दिया या है या नहीं, यह सुनिश्चित करने के लिए कार्यक्रम के ेभिन्न स्तरों पर गुणवत्ता की जांच तथा अनुमति देने (विशिष्ट रण प्रारम्भ व पूरा करने) की एक प्रणाली स्थापित की गयी ।

र्यावरणीय सुरक्षा

उपर्युक्त सावधानियों के बावजूद सूक्ष्म मात्रा में विकिरणीय दार्थों को संयंत्र के आसपास पाया जाता है। ये पदार्थ संयंत्र ी चिमनी से निकलने वाली कुछ गैसों और रख - रखाव ; दौरान कुछ तरल पदार्थों के निष्कासित होने से निकलते । इनका सही - सही मापन करने के लिए परियोजनाओं के मीप पर्यावरण प्रयोगशालाएं स्थापित की गयी हैं। इन योगशालाओं में संयंत्र से 30 किलोमीटर की दूरी तक स्थान र हवा, पानी, मिटटी, घास, खाद्य पदार्थ आदि वस्तुओं ; नमूने इकट्ठा कर इनकी जांच की जाती है, ताकि यह ालूम होता रहे कि प्रदूषण तत्वों की सांद्रता निश्चित सीमा ा अधिक नहीं है।

शिक्षण

परमाणु ऊर्जा उद्योग में प्रशिक्षण को बहुत महत्व दिया या है। विभिन्न स्तरों पर उनकी कार्यक्षमता बढ़ाने के लिए प्रचालकों को प्रशिक्षण दिया जाता है। इसमें सुरक्षा व विकिरण से बचाव - नियमों का समावेश होता है। इसके आधार पर उन्हें विशेष कार्यों को करने के लिए अनुज्ञापत्र दिये जाते हैं। बिना अनुज्ञापत्र प्राप्त किये कोई भी कर्मचारी परमाणु ऊर्जा संयंत्र में काम नहीं कर सकता है।

आपातकालीन स्थितियों से निपटने की योजनाएँ

सुरक्षा की उपर्युक्त सभी सावधानियों के बावजूद किसी दुर्घटना की स्थिति में संयंत्र से रेडियोधर्मिता के बाहर आ जाने से संकट की स्थिति पैदा हो सकती है। ऐसी परिस्थिति का सामना करने के लिए विभिन्न स्तरों की आपातकालीन योजनाएँ तैयार की गयी हैं। ये स्तर हैं: (1). जिसमें संयंत्र भवन ही प्रभावित हो, (2). जिसमें प्रभावित क्षेत्र संयंत्र स्थल की सीमा के अंदर ही हो, (3). जिसमें स्थल से बाहर की आम जनता भी प्रभावित हो।

ऐसी संकट की स्थिति से निपटने के लिए जिसमें आम जनता के प्रभावित होने की भी सम्भावना हो, राज्य व राष्ट्र स्तरीय अनुत्तार समितियाँ भी गठित की गयी हैं। ऐसी आपात स्थितियों के दौरान व्यवस्था करने के लिए मंडल आयुक्त के निर्देशन में एक समिति काम करती है जिसके सदस्य संयंत्र के मुख्य अधिकारी के अलावा जिलाधीश, जिले के पुलिस, चिकित्सा, परिवहन, संचार आपूर्ति आदि विभागों के प्रमुख भी होते हैं, ताकि इन सब के तालमेल से सुरक्षा व बचाव कार्य सुचारु रूप से चलाये जा सकें। आपात स्थिति में बचाव कार्य की दक्षता प्राप्त करने के लिए समय - समय पर आपात अभ्यास भी किये जाते हैं।

योजना के प्रथम प्रशासनिक चरण में, संभावित आपात स्थतियों को उनकी उत्पत्ति, उनके प्रकार (रिसाव वायु जनित है या पानी जनित और क्या वह पानी/वाष्प, रेडियोधर्मी नोबल गैसों, रेडियो आयोडिनों या रेडियोधर्मी कणों से संदूषित है), उनकी सशक्तता (आसन्न या वास्तविक) और उनके विस्तार (संयंत्र क्षेत्र तक, तात्कालिक संयंत्र पर्यावरण तक या दूर की आबादी के क्षेत्रों तक फैला हुआ) के अनुसार उन्हें मदवार वर्गीकृत करना है। प्रचालन कर्मचारियों को संयंत्र प्राचल, डिस्प्ले पैनलों या क्षेत्रीय मापन के तुरंत सर्वेक्षण द्वारा यह पहचानने व वर्गीकृत करने का प्रशिक्षण दिया जाता है कि किस प्रकार की आपात स्थिति है।

दूसरा महत्वपूर्ण चरण है, आपात काल के दुष्प्रभावों को

सीमित करने का प्रयत्न करना और उसके लिए साधन जुटाना। साथ ही, वायु दिशा द्वारा जिस क्षेत्र में रिसाव - पदार्थ के पहुंचने की संभावना रहती है, उस क्षेत्र की जनता को रिसाव की सूचना देकर सावधान किया जाता है। साधारणतया, चेतावनी की स्थिति में घर के भीतर रहना ही वांछनीय है और आवश्यकता पड़ने पर प्रोफिलैक्टिक दवाइयों (स्थायी आयोडिन) का सेवन करना चाहिए।

गम्भीर रेडियोधर्मी रिसाव होने की सम्भाव्य स्थिति का सामना करने के लिए पहले से ही प्रभावित जन समुदाय को उस स्थान से हटाने हेतु आवश्यक जन तथा सामग्री जुटाने की तैयारियां की जाती हैं। इसके लिए संयंत्र के कार्मिकों का स्थानीय सरकारी कर्मचारियों, नागरिक सुरक्षा संगठनों और टेलिफोन सेवाओं के साथ उचित तालमेल होना अति आवश्यक है। आपातकाल का सामना करने की सतत क्षमता बनाये रखने के लिए आपातकालीन दस्तों का समय - समय पर प्रशिक्षण एवं अभ्यास आयोजित किया जाता है।

नियामक पहलू

परमाणु ऊर्जा कार्यक्रमों में नियामक संस्था का उत्तरदायित्व सर्वोपरि है। भारत में नियमन कार्य के लिए वर्ष 1983 में परमाणु ऊर्जा नियामक परिषद की स्थापना की गयी। यह परिषद किसी भी परमाणु योजना की प्रारंभ से अंत तक प्रत्येक स्तर पर सुरक्षा समीक्षा करती है और संतुष्ट होने पर ही स्वीकृति देती है। इस प्रक्रिया के लिए परिषद राष्ट्रीय स्तर के विशेषज्ञों की सेवाएं काम में लाती है। परिषद परमाणु संयंत्रों के आसपास के पर्यावरण की सुरक्षा के लिए संयंत्रों से निकलने वाले प्रदूषण तत्वों की सीमाएं निर्धारित करती है। इस प्रकार यह परिषद परमाणु ऊर्जा की समस्त गतिविधियों पर सुरक्षा संबंधी नियंत्रण रखती है। सक्षम अधिकारी के रूप में परिषद नियमों का पालन करवाने के लिए केवल अपने अधिकारों का ही प्रयोग नहीं करती, वरन् प्रचालकों की सुविधा के लिए संहिताएं (कोड), संदर्शिकाएं व मैनुअल भी प्रकाशित करती है। परमाणु ऊर्जा संस्थानों से संबंधित निम्न विषयों पर सुरक्षा संहिताएं प्रकाशित की जा चुकी हैं - (1). परमाणु विद्युत संयंत्र के लिए स्थल चयन में सुरक्षा, (2). दाबित भारी पानी परमाणु विद्युत संयंत्रों की अभिकल्पना में सुरक्षा, (3). परमाणु विद्युत संयंत्रों के प्रचालन में सुरक्षा, (4). परमाणु विद्युत संयंत्रों में सुरक्षा के लिए गुणवत्ता आश्वासन।

परमाणु ऊर्जा नियामक परिषद प्रत्येक नाभिकीय परियोजना की विभिन्न स्तरों पर समीक्षा करती है। सन्तुष्ट होने पर वह अनुमति प्रदान करती है। अनुमति देने के विभिन्न चरण इस प्रकार हैं :

1. अनुमति देने का प्रथम चरण निर्माण कार्य से शुरू होता है। निर्माण हेतु अनुमति देने से पहले नियामक निकाय इस बात से आश्वस्त हो लेता है कि संयंत्र का स्थान एवं वहाँ का पर्यावरण सुरक्षा के दृष्टिकोण से उचित है और यह कि निर्दिष्ट केंद्र इस प्रकार अभिकल्पित एवं विनिर्मित है कि वह सुरक्षा संबंधी सभी राष्ट्रीय एवं अन्तर्राष्ट्रीय मानकों (नियमों) के अनुरूप है।
2. दूसरा अनुमति पत्र तब प्रदान किया जाता है जब संयंत्र निर्माण कार्य पूरा हो जाता है और यह प्राधिचालन परीक्षण के लिए तैयार हो जाता है। यहां एक बार फिर यह जांच की जाती है कि संस्थापित उपकरण एवं प्रणालियां अभिकल्पन उद्देश्यों एवं सुरक्षा संबंधी अपेक्षाओं को पूरा करती हैं या नहीं।
3. प्राधिचालन परीक्षण के पूरा हो जाने पर पुनरावलोकन एवं नियामक निकाय एक बार फिर प्राधिचालन परीक्षण के दौरान प्रकाश में आयी विभिन्न प्रणालियों के निष्पादन का ब्यौरा लेते हैं। एक बार फिर यह सुनिश्चित कर लेने पर ही कि अभिकल्पन के अनुसार संयंत्र की सुरक्षा विशेषताएं कार्य करने में समर्थ हैं और संभावित दुर्घटना के समय भी कार्मिक, जनता एवं पर्यावरण सुरक्षित रह सकते हैं, ऊर्जा उत्पन्न करने के लिए अनुमति पत्र प्रदान किया जाता है।

कहना न होगा कि प्राधिकृत गतिविधि की अनुमति तभी तक वैध है, जब तक कि सुरक्षा संबंधी आवश्यक शर्तें पूरी रहती हैं। जैसे ही अपेक्षाएं पूरी नहीं रहती हैं, तो विवश होकर उस संयंत्र को बंद करना पड़ता है।

उपर्युक्त विवरण से जाहिर होगा कि बहुस्तरीय सुरक्षा प्रणाली, विकसित सुरक्षा संस्कृति, उच्च प्रशिक्षित कार्मिकों द्वारा रिएक्टर प्रचालन एवं परमाणु ऊर्जा नियामक परिषद द्वारा समय - समय पर पुनरावलोकन के फलस्वरूप हमारे परमाणु विद्युत गृहों का परिचालन सुरक्षा पूर्वक हो रहा है।

□

जीवविज्ञान एवं कृषि में समस्थानिकों का प्रयोग

एस. ई. पवार एवं सी.आर. भाटिया
जैव चिकित्सा वर्ग
भाभा परमाणु अनुसंधान केंद्र, बंबई-400 085.

भारत की लगभग 70% जनसंख्या कृषि पर आश्रित है। कृषि के क्षेत्र में, विशेषकर खाद्यान्नों के उत्पादन में भारतीय कृषि अनुसंधान परिषद तथा राज्यों के कृषि विश्वविद्यालयों ने महत्वपूर्ण योगदान दिया है। आज अनाज का उत्पादन करीब 7, करोड़ 30 लाख टन तक पहुँच चुका है, जो कि वर्ष 949-50 के अन्नोत्पादन की तुलना में करीब साढ़े तीन गुना अधिक है। इस तरह, देश खाद्यान्नों के उत्पादन में आत्मनिर्भरता की मंजिल तक आ पहुँचा है। बढ़ती हुई जनसंख्या के कारण वर्ष 2000 तक 23 करोड़ टन से भी अधिक खाद्यान्न-उत्पादन का लक्ष्य प्राप्त करना वैज्ञानिकों, प्रशासकों तथा नीति-निर्धारकों के सामने एक बड़ी चुनौती है। इस दिशा में महत्वपूर्ण कदम उठाये गये हैं, और आशा है कि आगामी वर्षों में उत्पादन का लक्ष्य को प्राप्त करना संभव हो सकेगा।

ट्राम्बे-स्थित भाभा परमाणु अनुसंधान केंद्र नाभिकीय तकनीकों के प्रयोग द्वारा जीवविज्ञान और कृषि के विकास में महत्त्वपूर्ण भूमिका निभा रहा है। नाभिकीय रिएक्टरों से उत्पन्न रेडियो समस्थानिकों के संसाधन, शोधन एवं प्रयोग के अनुरूप बनाने में यह केंद्र पूर्णतया आत्मनिर्भर है। कृषि-अनुसंधान में प्रयुक्त होने वाले विभिन्न रेडियोसमस्थानिक तथा विकिरण-स्रोत, परमाणु ऊर्जा विभाग के अधीन रेडिएशन एवं आइसोटोप टेक्नोलाजी परिषद (ब्रिट) द्वारा विभिन्न संस्थानों को आवश्यकतानुसार प्रदान किये जाते हैं। देश में समस्थानिकों का कृषि में प्रयोग, भाभा परमाणु अनुसंधान केंद्र के अलावा, कई अन्य सरकारी एवं निजी अनुसंधान-संगठनों में किया जा रहा है। समस्थानिकों का प्रयोग कृषि-अनुसंधान के निम्नलिखित क्षेत्रों में किया जा रहा है -

1. फसलों की उन्नत किस्मों के विकास के लिए पौधों में अनुवांशिक भिन्नता प्रेरित करना।
2. उर्वरकों की प्रयोग-क्षमता तथा जैविक नाइट्रोजन स्थिरीकरण में सुधार करना।
3. कीटनाशी रसायनों की दशा और उपस्थिति का अनुवीक्षण (मानिटरन) करना।
4. खाद्य-पदार्थों का परिरक्षण।
5. कीट-नियंत्रण।
6. पशु प्रजनन और स्वास्थ्य।
7. सूक्ष्मजीवों, पौधों और जानवरों में मूलभूत चयापचय (मेटाबोलिज्म) के पथ की जानकारी।

भाभा परमाणु अनुसंधान केंद्र में इनमें से प्रथम चार विषयों पर अनुसंधान-प्रयास केंद्रित किये गये हैं, और उनके परिणाम काफी लाभकारी सिद्ध हुए हैं।

फसलों का अनुवांशिक सुधार: विकिरण प्रेरित उत्परिवर्तन (म्यूटेशन) से पौधों में भिन्नता का दायरा बढ़ा कर उनमें से उपयोगी गुणों वाले पौधों का चयन और जनन करके बेहतर फसल-किस्में प्राप्त की जा सकती हैं। म्यूटेशन की दर बीजों या पौधों के अन्य भागों को एक्स किरणों, गामा किरणों या न्यूट्रान से उपचारित करने पर बहुत बढ़ जाती है। उपयोगी गुणों वाले उत्परिवर्त (म्यूटेंट) का चयन करके उसका मूल्यांकन पहले निजी परीक्षण-क्षेत्र पर किया जाता है। तीन वर्ष के परीक्षण के बाद, उसे कृषि- विश्वविद्यालयों, राज्यों के कृषि-विभागों और भारतीय कृषि -अनुसंधान परिषद (आई सी. ए. आर.) के मूल्यांकन-कार्यक्रमों में शामिल किया जाता है। इन परीक्षणों के बाद उपयोगी उत्परिवर्तों को जिला स्तर पर तथा मिनी-किट स्तर पर किसानों के खेतों में परखा जाता है। इन सब में करीब 10-12 वर्ष का समय लग जाता है, तब जाकर एक नयी प्रजाति कृषि के लिए जारी की जाती है। नई प्रजाति की निर्मुक्ति की अधिसूचना भारत सरकार के कृषि मंत्रालय द्वारा दी जाती है। भाभा परमाणु अनुसंधान केंद्र में उत्परिवर्तन द्वारा विकसित दलहन, तिलहन, धान और जूट की किस्मों का विवरण तालिका-1 में दिया गया है। कई किस्में खेती के लिए जारी किये जाने की अंतिम अवस्था में हैं(तालिका-2)।

बीजों का उत्पादन: न्यूक्लियस तथा प्रजनक बीजों का उत्पादन भा.प.अ. केंद्र में किया जाता है, तथा प्रमाणित बीजों का उत्पादन महाराष्ट्र राज्य बीज निगम तथा आंध्रप्रदेश बीज निगम द्वारा किया जा रहा है।महाराष्ट्र राज्य बीज निगम द्वारा प्रमाणित बीजों के उत्पादन एवं वितरण का विवरण तालिका-3 में दिया गया है। पिछले 6 वर्षों में महाराष्ट्र राज्य बीज निगम ने 535 टन प्रमाणित बीज किसानों को वितरित किया है जिससे महाराष्ट्र में दलहन-उत्पादन बढ़ाने में सहायता मिली है(तालिका-3)।

तालिका 1: विकिरण प्रेरित उत्परिवर्तन के प्रयोग से इस केंद्र में विकसित फसलों की अधिसूचित प्रजातियां

फसल	प्रजाति का नाम	अधिसूचना का वर्ष	क्षेत्र
अरहर (तूर)	ट्राम्बे-विशाखा-1	1983	देश का मध्य तथा प्रायद्वीपीय भाग
	टी.ए.टी- 10	1985	महाराष्ट्र
मूंग	टी.ए.पी.- 7	1983	महाराष्ट्र
उड़द (उर्द)	टी.ए.यू.- 1	1985	महाराष्ट्र
	टी.ए.यू.- 2	1992	महाराष्ट्र
मूंगफली	टी.जी.- 17	1985	महाराष्ट्र
	टी.जी.- 3	1987	केरल, मध्य प्रदेश, उड़ीसा
	टी.ए.जी- 24	1991	महाराष्ट्र
	टी.जी.एस.- 1 (सोमनाथ)	1991	गुजरात
जूट	टी.के.जे.- 40 (महादेव)	1983	उड़ीसा
धान	हरी	1988	आंध्र प्रदेश
सरसों	टी.एम.- 2	1990	आसाम
	टी.एम.- 4	1990	आसाम

तालिका-2: भा.प.अ. केंद्र में विकसित फसलों की अभिज्ञापित प्रजातियाँ

फसल	प्रजाति	अभिज्ञापन करने वाला संगठन
मूँगफली	टी.जी.-19ए	कोंकण कृषि विद्यापीठ, दापोली द्वारा 'प्री-रिलीज' के लिए अनुमोदित
उड़द	टी.पी.यू.-4	दलहन निदेशक, डी.पी.आर. कानपुर द्वारा देश के मध्य माग (मध्यप्रदेश, महाराष्ट्र और गुजरात) के लिए अभिज्ञापित
मूँग	टी.ए.आर.एम-2	'एग्रेस्को' (महाराष्ट्र राज्य के कृषि विश्वविद्यालयों का संगठन) द्वारा विदर्भ क्षेत्र के लिए अनुमोदित

तालिका-3: भा.प.अ. केंद्र में विकसित दलहन की नए प्रजातियों के प्रमाणित बीजों का 'महाराष्ट्र राज्य बीज निगम' द्वारा उत्पादन एवं वितरण

वर्ष	कुल बीज वितरण (मीट्रिक टन)	क्षेत्र, जिसमें खेती की गयी (हेक्टेयर)
1985	81	5,400
1986	209	13,900
1987	245	16,300
1988	390	26,000
1989	470	31,000
1990	490	32,319
1991	578	38,123
1992	2072	1,36,663

फसल सुधार में गुणसूत्र (क्रोमोसोम) तथा अनुवांशिव इंजिनियरी

गेहूँ के संबंधी पौधों की विभिन्न जातियों में विद्यमान दं वंशाणु (जीन) (एस आर-26 और एस आर 27) गेहूँ कं गेरूई (रस्ट) बीमारी के लिए प्रतिरोध प्रदान करते हैं। गुणसूत्र इंजिनियरी द्वारा इन प्रतिरोधी जीनों को गेहूँ की लोकप्रिय किस्म, 'कल्याणसोना' में प्रतिरोपित किया गया है।

अनुवांशिक इंजिनियरी के माध्यम से विशिष्ट वंशाणुओं को एक जीवधारी से दूसरे में अंतरित करने की संभावनाएं बढ़ी हैं। मिट्टी में पाये जाने वाले जीवाणु-'एग्रोबैक्टीरियम ट्यूमीफेसिएन्स' के ट्यूमर पैदा करने वाले 'प्लाज्मिड' के माध्यम से फसली पौधों में उपयोगी वंशाणुओं के स्थानांन्तरण का कार्य आरंभ किया गया है। विशेषकर कीट-प्रतिरोधी वंशाणुओं के अंतरण के प्रयोग किये जा रहे हैं। इन अध्ययनों में रेडियो समस्थानिकों की मदद ली जाती है। 'जीन-ट्रान्सफर' की दिशा में किये गये कार्यों में काफी सफलता मिली है। इस कार्य के लिए बीजपत्रों और पत्तियों के टुकड़ों से पूरे पौधे के विकास की सरल विधियाँ भी विकसित की गयी हैं।

उर्वरकों की प्रयोग-क्षमता बढ़ाना

अमोनियम पालीफास्फेट (एपीपी) उर्वरक: भा.प.अ. केंद्र

में समस्थानिकों की मदद से किये गये अध्ययनों से ए पी पी की उपयोगिता सिद्ध हो चुकी है। ए पी पी भारतीय कृषि के लिए एक नया उर्वरक है। इस जानकारी से प्रेरित होकर, राष्ट्रीय केमिकल्स ऐंड फर्टिलाइजर्स (आर. सी. एफ.) ने क्षेत्र-परीक्षण के लिए प्रायोगिक स्तर पर ए पी पी का उत्पादन आरंभ किया है। ए पी पी के मूल्यांकन के सस्य विज्ञानात्मक परीक्षण इस समय देश के विभिन्न भागों में चल रहे हैं। ये परीक्षण अखिल भारतीय समन्वित सस्य विज्ञानात्मक अनुसंधान योजना, धान अनुसंधान निदेशालय, दलहन-अनुसंधान निदेशालय (सभी आई. सी. ए. आर. के अधीन), केंद्रीय कॉफी अनुसंधान संस्थान, मसालों के लिए राष्ट्रीय अनुसंधान केंद्र तथा कुछ कृषि विश्वविद्यालयों के सहयोग से किये जा रहे हैं। प्राप्त परिणामों से संकेत मिलता है कि ए पी पी, डी ए पी (डाई अमोनियम आर्थोफास्फेट) की तुलना में या तो बेहतर है, या उसके बराबर है। इन प्रोत्साहक परिणामों के आधार पर आर. सी. एफ. ने अर्द्ध-वाणिज्यिक स्तर पर ए पी पी उत्पादन के लिए एक 5 टन प्रति दिन की उत्पादन क्षमता का प्रायोगिक संयंत्र बैठाया है।

नाइट्रोजन - उर्वरक तथा सूक्ष्म पोषक तत्व : भा. प. अ. केंद्र के केमिकल इंजिनियरिंग प्रभाग में विकसित प्रौद्योगिकी के आधार पर तैयार की गयी नाइट्रोजन - 15 चिन्हित यूरिया अब "राष्ट्रीय केमिकल्स ऐंड फर्टिलाइजर्स" के यहाँ से उपलब्ध है। केंद्र में नाईट्रोजन - 15 की मदद से किये गये अध्ययनों से संकेत मिला है कि नीम के निष्कर्ष से आवृत्त यूरिया, अन्य "धीरे - धीरे नाइट्रोजन छोड़ने वाले" नाइट्रोजन - उर्वरकों की तुलना में एक बेहतर नाइट्रोजन स्रोत है। इसके अतिरिक्त, आयरन - 59, मैंगनीज - 54, जिंक - 65, कॉपर - 64, मालिब्डेनम - 99 तथा सोडियम - 24 का प्रयोग पोषक - तत्वों के पौधों द्वारा ग्रहण किये जाने तथा मिट्टी में उनके गतिशीलन से संबंधित जांच के लिए किया गया है। इसी तरह, क्रोमियम जैसी आविषालु धातुओं के समस्थानिकों का प्रयोग इन धातुओं के शोषण तथा संचयन का पता लगाने में किया गया है।

कीट नाशक रसायनों की दशा तथा उनकी सतत उपस्थिति का अनुवीक्षण (मानिटरन)

मिट्टी, पौध - उत्पाद तथा मिट्टी की पारिस्थितिक प्रणाली में कीटनाशी रसायनों की दशा तथा उनकी सतत उपस्थिति के विषय में एवं निरुद्देशीय सूक्ष्म जीवों पर इन कीटनाशकों के प्रभाव के बारे में अध्ययन किये गये हैं। जिन कीटनाशी रसायनों की जांच की गयी है, उनमें एच. सी.एच. (बी. एच. सी.) के समावयव, डी. डी. टी., कार्बारिल, कार्बोफ्यूरान, नाइट्रोफेन, केल्थेन, थाइरैम तथा जाइरैम शामिल हैं।

कीटनाशी रसायनों से प्रदूषित मिट्टी का शुद्धीकरण :

सस्य - विज्ञान संबंधी क्रियाओं, जैसे खेत को अधिक पानी से भर देना, कार्बनिक पदार्थ, जैसे हरी खाद, धान का पुआल आदि डालकर खेत की मिट्टी को सुधारना, ऐसी विधियाँ जिनसे कीटनाशी रसायनों का शीघ्र और चयनात्मक जैव-विघटन ऐसे चयापचयी पदार्थों में हो जो पर्यावरण के लिए स्वीकार्य हों, इत्यादि के सामंजस्य की विधि विकसित की गयी है। धान की पारिस्थितिक प्रणाली कार्बन - 14 चिन्हित कीटनाशी रसायनों (डी. डी. टी., एच. सी. एच. - समावयव) के प्रयोग द्वारा प्राप्त कुल मात्रा संतुलन तथा भंजन (ब्रेकडाउन), उत्पादों के पूर्ण लेखा - जोखा (बजटिंग) से उपर्युक्त संप्रेक्षण की पुष्टि हुई।

वनस्पति तेल में अवशेष एवं व्यापारिक संसाधन क्रिया - विधियों का प्रभाव : मूँगफली के बीजों तथा तेल में एच. सी. एच., डी. डी. टी. और कार्बारिल की दशाओं पर अध्ययन करने से ज्ञात हुआ कि तेल में संचित इनके अवशेष व्यापारिक शोधन विधियों, विशेषकर निर्गंधीकरण द्वारा काफी हद तक कम किये जा सकते हैं।

कीटनाशी रसायन और निरुद्देशीय जीव : कीटनाशी रसायनों तथा उनके विघटित उत्पादों को मिट्टी में 'सामान्यतया खेत में प्रयुक्त मात्रा ' की दर से डालने पर मिट्टी के जैव - भू - रासायनिक चक्र पर कोई अवरोधी प्रभाव नहीं पड़ता है। अधिक मात्रा में डालने पर कुछ क्रियाओं में आरंभिक अवस्था में अवरोध उत्पन्न होता है।

खाद्य-विकिरण द्वारा फसलोपरान्त होने वाले नुकसान को कम करना

परमाणु ऊर्जा का एक और लाभदायक अनुप्रयोग है, जल्द खराब होने वाले खाद्य पदार्थों की भंडारण - क्षमता या सुरक्षित रखने की अवधि को बढ़ाना तथा कीड़े - मकोड़ों एवं सूक्ष्मजीवों के कारण फसलोपरान्त भंडारण में होने वाले नुकसान को कम करना। खाद्य - विकिरण विधि को एक उदीयमान नयी प्रौद्योगिकी के रूप में व्यापक रूप से मान्यता मिली है। परिरक्षण की प्रचलित विधियों, जैसे डिब्बे में बंद करना, सुखाना, नमक लगाना आदि के मुकाबले में इस विधि के अनोखे लाभ हैं, क्योंकि इस विधि द्वारा परिरक्षण करने में स्वाद, सुगंध, बनावट तथा ताजे खाद्य के अन्य वांछित गुणों में कमी नहीं होती है। कटाई के बाद भंडारण की खराब व्यवस्था तथा विषम जलवायु की हालत से देश के कृषि तथा समुद्री उत्पाद को बहुत बड़ा नुकसान पहुँचता है। इस नयी प्रोद्योगिकी से इस नुकसान को कम किया जा सकता है।

भा. प. अ. केंद्र में विस्तृत रूप से किये गये अध्ययनों के आधार पर भारत सरकार के स्वास्थ्य एवं परिवार कल्याण मंत्रालय ने वर्ष 1988 में निर्यात हेतु विकिरण द्वारा मसालों के निर्दूषण, तथा हिम शीतित समुद्री खाद्यों और प्याज के परिरक्षण के लिए विकिरण के प्रयोग को मान्यता दे दी। खाद्य - विकिरण के सभी पहलुओं पर निगरानी रखने के लिए एक "राष्ट्रीय मानिटरन अभिकरण"(एन.एम.ए.) की नियुक्ति की गयी है।

भा. प. अ. केंद्र में पिछले तीन दशकों से रेडियो समस्थानिकों का प्रयोग कृषि के विकास के लिए किया जा रहा है। इस केंद्र में विकसित फसल - प्रजातियों तथा कार्य पद्धतियों का लाभ लोगों तक पहुँचना आरंभ हो गया है। भविष्य में नाभिकीय ऊर्जा एवं तकनीक के प्रयोग से मानव जाति की सेवा की संभावना और भी अधिक है।

□

(पृष्ठ 17 का शेष)

नाभिकीय रिएक्टर एवं पर्यावरण

अब तक के विवरण से यह स्पष्ट है कि नाभिकीय रिएक्टरके अभिकल्पन में इस बात की पूरी सावधानी रखी जाती है कि रिएक्टर प्रचालन से वातावरण पर कोई दुष्प्रभाव न हो। यदि नाभिकीय बिजलीघरों से कुछ गैसीय उत्पाद, जैसे ट्रीशियम निकलते भी हैं, तो उनकी अर्धायु इतनी कम होती है कि उनसे किसी प्रकार की हानि की संभावना नहीं रहती। यदि तापीय बिजली घरों की विवेचना की जाये, तो हम पाते हैं कि उनसे न सिर्फ प्रदूषण फैलता है, बल्कि कुछ मात्रा में रेडियोधर्मिता भी वातावरण में आती है जो कोयले में उपस्थित रेडियोधर्मी पदार्थों के कारण होती है। वातावरण में कार्बनडाई आक्साइड के बढ़ने से होने वाला हरित कक्ष प्रभाव पर्यावरण शास्त्रियों के लिए चिंता का विषय है। इसके अलावा, अम्ल वर्षा एवं ओज़ोन परत के विनाश से पृथ्वी पर पहुँचने वाली हानिकारक किरणें भी हमारे पर्यावरण को नष्ट करने का मूल कारण हैं। नाभिकीय बिजली घर पर्यावरण की दृष्टि से सर्वाधिक स्वच्छ एवं सुरक्षित ऊर्जा के स्रोत हैं, क्योंकि इनसे ऐसे कोई पदार्थ बाहर नहीं निकलते जो प्रदूषण फैलाते हों।

नाभिकीय बिजली घरों के साथ जुड़ी एक कठिन समस्या है नाभिकीय अपशिष्टों का प्रबंध एवं निपटान। उनके उपचार, भंडारण एवं निपटान में अत्यधिक सावधानी रखी जाती है एवं हर संभव प्रयास किया जाता है कि इनसे विकिरण न फैल पाए। सुदूर नियंत्रण यंत्रों के विकास से इस क्षेत्र में काफी सफलताएं प्राप्त की गयी हैं एवं अपशिष्टों के अंतिम निपटान के लिए भी उपयुक्त साधन उपलब्ध हैं।

निष्कर्ष

तुलनात्मक दृष्टि से परमाणु ऊर्जा का उपयोग एक नयी तकनीक है, परन्तु परमाणु विशेषज्ञों द्वारा आरम्भ से ही सुरक्षा से संबंधित पहलुओं पर अत्यधिक सावधानी अपनाये जाने से परमाणु बिजलीघर अत्यंत सुरक्षित होते हैं। रिएक्टर के अभिकल्पन में अंतर्निहित सुरक्षा उपायों के अतिरिक्त, इतनी अधिक अभियांत्रिकीकृत सुरक्षा प्रणालियाँ बनायी जाती हैं कि किसी भी दुर्घटना की संभावना न के बराबर रह जाती है। रिएक्टर आवरण असंभावित दुर्घटनाओं के कारण भी ईंधन से निकली रेडियोधर्मिता को वातावरण में बिल्कुल नहीं जाने देता, तथा उपयुक्त स्थल चयन और संचालन से जनसाधारण को किसी भी प्रकार की हानि पहुँचने की संभावना नगण्य हो जाती है।

चित्र - 1 द्रुत रिएक्टर बिजली पर

□

।डियो सक्रिय समस्थानिकों के आयुर्विज्ञानीय अनुप्रयोग

डॉ. एस. एम. शर्मा
सहायक निदेशक, आयुर्विज्ञान वर्ग
भाभा परमाणु अनुसन्धान केंद्र, बम्बई - 400 085.

रोगों के निदान और उपचार में रेडियोसक्रिय समस्थानिकों ; खुले स्रोतों के रूप में अनुप्रयोगों में नाभिकीय आयुर्विज्ञान ो विशेषता है। ऐसे किसी भी आयुर्विज्ञानीय अनुप्रयोग के ल में जिसमें रेडियोसमस्थानिकों को निदान या उपचार हेतु रीर के अन्दर दिये जाने की आवश्यकता पड़ती हो, एक हुत ही महत्वपूर्ण, बल्कि अनुपम गुण यह है कि डियोसमस्थानिकों तथा उनके स्थायी तत्वों के ौतिक,रासायनिक एवं जैविक गुण सर्वथा समान होते हैं। ह गुण सभी रेडियोसक्रिय समस्थानिकों में होता है, उदाहरणार्थ ावटु (थायराइड) को जो कि एक अन्तःस्रावी ग्रंथि है, ायराक्सिन नामक हार्मोन का संश्लेषण करने के लिए आयोडीन ो आवश्यकता पड़ती है। यदि स्थायी आयोडीन के स्थान ा रेडियोसक्रिय आयोडीन दे दी जाए, तो भी अवटुग्रंथि के ार्य - संपादन में कोई अन्तर नहीं आता है। अन्तर केवल ना होता है कि रेडियोसक्रिय आयोडीन के संचार तथा उसके ापचयी व्यवहार का अध्ययन शरीर के बाहर रखे हुए किसी युक्त विकिरण - संसूचक द्वारा रेडियोसक्रिय आयोडीन के माणुओं से उत्सर्जित रेडियोसक्रिय संकेतों का संसूचन करके या जा सकता है।

ऐसे किसी भी मामले में जिसमें रेडियोसमस्थानिकों का ोग होता हो, एक सामान्य डर - सा बना रहता है। जब भी भी रेडियोभेषज नैदानिक नाभिकीय आयुर्विज्ञानीय ध्ययनों के लिए दिये जाते हैं, तो न केवल जन - सामान्य, ल्कि कुछ चिकित्सक भी बहुत आशंकित हो उठते हैं। भिकीय आयुर्विज्ञान में प्रयुक्त रेडियोसमस्थानिक, जैसे ^{99m}Tc, पूर्णरूप से निरापद हैं और किसी औसत नाभिकीय ायुर्विज्ञानीय प्रक्रिया द्वारा दी गयी विकिरण मात्रा, किसी किरणिकीय जाँच - पड़ताल के दौरान रोगी को प्राप्त विकिरण त्रा के समान ही होती है।

नाभिकीय आयुर्विज्ञान को अब कोई नयी विशेषता नहीं मझा जा सकता है। संसार के सभी उन्नत देशों में लगभग र दशकों से इसका प्रयोग विस्तृत रूप से हो रहा है। अब मय आगया है जब किसी अस्पताल में नाभिकीय आयुर्विज्ञान भाग उतना ही अपरिहार्य हो जाना चाहिए, जितना विकिरणिकी अथवा रोगविज्ञान विभाग होता है।

नाभिकीय आयुर्विज्ञान तत्वत: एक नैदानिक विषय है और रेडियोसमस्थानिकों के अधिकांश (90% से अधिक) अनुप्रयोग नैदानिक ही होते हैं, तथा 10% से भी कम चिकित्सात्मक होते हैं। जन - सामान्य तथा कुछ चिकित्सकों में तक यह गलत धारणा बैठी है कि रेडियोसमस्थानिकों का आयुर्विज्ञान में केवल कैंसर के उपचार में ही प्रयोग किया जाता है।

रेडियोसमस्थानिकों के नैदानिक अनुप्रयोगों को मोटे तौर पर दो वर्गों, जीवे तथा पात्रे अनुप्रयोगों में बाँटा जा सकता है।

पात्रे अनुप्रयोग

आयुर्विज्ञान की रेडियोसमस्थानिकीय जांचों की बहुत बड़ी संख्या में रोगी को कोई रेडियोसक्रिय समस्थानिक नहीं दिया जाता है, तथा रोगी से प्राप्त रक्त आदि जैसे जैविकीय नमूनों में उपयुक्त रेडियोचिन्हित पदार्थ डालकर सभी प्रकार के मापन किये जाते हैं। इस तरह की जांच का एक उदाहरण रेडियोप्रतिरक्षात्मक आमापन है जिसके द्वारा हार्मोन, दवाएं तथा अन्य कई पदार्थों की अति सूक्ष्म मात्रा (नैनोग्राम या माइक्रोग्राम में) मापी जाती है।

जीवे अनुप्रयोग

नाभिकीय आयुर्विज्ञानीय जांच - पड़तालों की एक बहुत बड़ी संख्या ऐसी भी होती है जिसमें रोगी को कोई उपयुक्त रेडियोभेषज या रेडियोसमस्थानिक दिया जाता है और समुचित विकिरण - संसूचकों की सहायता से रेडियोसक्रियता के मापन किये जाते हैं। ऐसे अध्ययन जिनमें रोगी के शरीर में वास्तव में कोई रेडियोसमस्थानिक पहुँचाया जाता है, 'जीवे' अध्ययन कहलाते हैं। सामान्यत: ऐसी जांचें निम्नलिखित प्रश्नों के उत्तर प्राप्त करने में सहायता करती हैं :

1) रेडियोसक्रिय पदार्थ की दी गयी मात्रा शरीर में कहाँ जाती है ?

2) रेडियोसक्रिय पदार्थ की दी गयी मात्रा में से कितनी मात्रा शरीर के विचारान्तर्गत अंग में पहुँचती है ?

3) शरीर के अंग अथवा तंत्र में रेडियोभेषज की मात्रा किस दर से जा रही है, या उससे बाहर निकल रही है ?

4) शरीर के किसी अंग में रेडियोभेषज किस प्रकार वितरित

(रेडियोनाभिकीय प्रतिबिम्बन) होता है ?

नाभिकीय आयुर्विज्ञान में रेडियोसक्रिय समस्थानिकों के जीवे अनुप्रयोगों को मोटे तौर पर दो वर्गों में भी विभाजित किया गया है, (क) प्रतिबिम्बन, (ख) अप्रतिबिम्बन अध्ययन।

जीवे प्रतिबिम्बन अध्ययन

नाभिकीय आयुर्विज्ञान के नैमिक रूप से किये जाने वाले अधिकांश प्रक्रम प्रतिबिम्बन प्रक्रम होते हैं जिनमें किसी अंग के स्थितिज एवं गतिज प्रतिबिम्ब प्राप्त किये जाते हैं।मस्तिष्क, अवटुग्रंथि, फेफड़े, मध्यहृद् - स्तर, यकृत, अस्थि आदि को सम्मिलित करके अधिकांश अंगों के रेडियोनाभिकीय क्रमवीक्षण (जिन्हें प्रस्फुरी क्रमवीक्षण (सिंटी स्कैन) भी कहते हैं) प्राप्त करने के लिए समुपयुक्त रेडियोभेषज उपलब्ध हैं।

रेडियोनाभिकीय प्रतिबिम्ब जिस प्रकार बनता है, उसमें और सी.टी., पराध्वानिक तथा एम.आर. प्रतिबिम्बों के मूल में महत्वपूर्ण और मौलिक अन्तर होता है। दिया गया रेडियोभेषज चूँकि सम्बद्ध अंग द्वारा संचित किया जाता है जो एक सक्रिय प्रक्रम है, रेडियोनाभिकीय प्रतिबिम्ब एक प्रकार्यात्मक प्रतिबिम्ब होता है जिससे अंग के प्रकार्य का पता चलता है। दूसरी ओर, सी.टी. और एम.आर. क्रमवीक्षणों से अंग की आकारिकी का पता चलता है।

जीवे अप्रतिबिम्बन अध्ययन

नाभिकीय आयुर्विज्ञान के जीवे अध्ययनों में ऊपर वर्णित एक अथवा पहले तीनों प्रश्नों के उत्तर खोजने के प्रयत्न किये जाते हैं। अप्रतिबिम्बन जीवे अध्ययनों के उदाहरण इस प्रकार हैं; अवटुग्रंथि द्वारा रेडियोआयोडीन लेने के अध्ययन, ^{51}Cr से रक्त का आयतन और उसमें लाल कोशिकाओं की उत्तर - जीविता के अध्ययन, ^{59}Fe से लौह के गतिज अध्ययन, ^{58}Co से विटामिन B_{12} के अवशोषण के अध्ययन, इत्यादि।

चिकित्सीय अनुप्रयोग

नैदानिक अनुप्रयोगों के अतिरिक्त, चिकित्सीय प्रयोजनों में भी रेडियोसमस्थानिकों का उपयोग किया जाता है। ^{60}Co, ^{137}Cs तथा अन्य अनेक डिब्बाबंद रेडियोसमस्थानिकों का विभिन्न प्रकार के कैन्सरों के उपचार हेतु गामा विकिरणों के बाह्य स्रोतों के रूप में रेडियोचिकित्सकों द्वारा विस्तृत उपयोग किया जाता है।

नाभिकीय आयुर्विज्ञान में ^{131}I, ^{32}P इत्यादि जैसे रेडियोसमस्थानिक हाइपर - थायरायडिज़्म, थायराइड कैंसर, पोलिसाइथेमिया आदि जैसे रोगों के उपचार हेतु वास्तव में रोगियों के शरीर के अन्दर पहुँचाये जाते हैं। □

"वैज्ञानिक" के स्वामित्व का ब्योरा
फार्म IV

1.	प्रकाशन स्थल	:	भाभा परमाणु अनुसंधान केन्द्र, ट्रांबे, बम्बई - 400085
2.	प्रकाशन	:	त्रैमासिक
3.	मुद्रक का नाम	:	डा. शिव प्रकाश गर्ग
	राष्ट्रीयता	:	भारतीय
	पता	:	धात्विकी प्रभाग, भाभा परमाणु अनुसंधान केन्द्र, ट्रांबे, बम्बई - 400085
4.	प्रकाशक का नाम	:	डा. शिव प्रकाश गर्ग
	राष्ट्रीयता	:	भारतीय
	पता	:	धात्विकी प्रभाग, भाभा परमाणु अनुसंधान केन्द्र, ट्रांबे, बम्बई - 400085
5.	संपादक का नाम	:	डा. जनार्दन स्वरूप
	राष्ट्रीयता	:	भारतीय
	पता	:	स्वास्थ्य भौतिकी प्रभाग, भाभा परमाणु अनुसंधान केन्द्र, ट्रांबे, बम्बई - 400085
6.	कुल पूंजी के १% से अधिक के	:	हिन्दी विज्ञान साहित्य परिषद
6.	भागीदारों के नाम और पते		पुस्तकालय एवं सूचना प्रभाग, भाभा परमाणु अनुसंधान केन्द्र, ट्रांबे, बम्बई - 400085

मैं, डा. शिव प्रकाश गर्ग, एतद् द्वारा घोषित करता हूँ कि मेरी अधिकतम जानकारी तथा विश्वास के अनुसार ऊपर दिया गया विवरण सही है।

- डा. शिव प्रकाश गर्ग
व्यवस्थापक, "वैज्ञानिक"

भारत में यूरेनियम का सर्वेक्षण

रवि कौल एवं कृष्ण कुमार सिन्हा
परमाणु खनिज प्रभाग,
बेगमपेट, हैदराबाद - 500 016

भारत में परमाणु ऊर्जा की आवश्यकता वर्ष 1950 में ही महसूस करके इसके लिए एक विस्तृत कार्यक्रम तैयार किया गया। इस हेतु विखंडनीय पदार्थों, यूरेनियम और थोरियम की जरूरत पड़ी और इन्हें खोजने की जिम्मेदारी परमाणु खनिज विभाग को सौंपी गयी।

भाग्यवश भारत की समुद्र तटीय बालू में विश्व के सबसे अधिक थोरियम के भंडार हैं, परन्तु प्राकृतिक यूरेनियम का भंडार ढूंढ निकालना एक चुनौती के रूप में सामने आया। यूरेनियम और थोरियम, दोनों ही रेडियोसक्रिय तत्त्व हैं। इनसे निरन्तर रेडियोधार्मिक किरणें (अल्फा, बीटा, गामा) निकलती रहती हैं। सर्वेक्षण में रेडियोधार्मिक किरणों का मापन गाईगर मूलर या सिंटीलेशन काउन्टर जैसे यंत्रों द्वारा किया जाता है। इसके फलस्वरूप, प्रारंभिक सर्वेक्षण प्रयासों में ही बिहार तथा राजस्थान के प्रोटेरोजोइक मेटासेडिमेन्ट में यूरेनियम के भंडार मिले जिनमें बिहार का जादुगुड़ा तथा राजस्थान का उमरा उल्लेखनीय हैं। ये हमारे प्रयास का पहला फल है। यूरेनियम सर्वेक्षण की इस प्रारंभिक सफलता से प्रोत्साहित होकर हमने नयी-नयी विधियों का, जैसे रिमोट सेंसिंग, फोटोजिओलाजी इन्टीग्रेटिड एरोडायमेट्रिक भूभौतिकी, भूरासायनिक साधनों का प्रयोग किया और यूरेनियम के नये-नये स्रोत सामने आये। तत्पश्चात में परमाणु खनिज प्रभाग ने बहुउद्देशीय वैज्ञानिक एवं कालबद्ध विचारात्मक ढाचों के अन्तर्गत यूरेनियम की खोज का प्रयास विभिन्न भूवैज्ञानिक वातावरणों में जारी किया। फलस्वरूप, क्रीटेशियस तथा मिड प्रोटेरोजोइक समय में यूरेनियम के नये स्रोतों का पता लगा जिनमें मेघालय का डोमियासियाट तथा आन्ध्र प्रदेश का तुमलापल्ली मुख्य हैं। इनके साथ-साथ, अरुणाचल, उड़ीसा, मध्यप्रदेश, हिमाचल तथा राजस्थान में नये स्रोतों के लिए सर्वेक्षण जारी है। इन प्रयासों के फलस्वरूप, हमने अभी तक 78,000 टन से अधिक यूरेनियम का एक सुचुर भंडार बना लिया है जो हमारे विद्युत उत्पादन कार्यक्रम के लिए पर्याप्त है। वर्ष 2000 के बाद भी, जब भारत अपने नाभिकीय ऊर्जा कार्यक्रम के तृतीय चरण के पहुँचेगा और थोरियम का उपयोग प्रजनक नाभिकीय भट्टी में होने लगेगा, यूरेनियम की आवश्यकता रहेगी ही और इसकी खोज जारी रहेगी।

यूरेनियम की प्रकृति तथा भू-रासायनिक चरित्र

यूरेनियम की परमाणु संख्या 92 और परमाणु भार 238.07 है। प्राकृतिक यूरेनियम में तीन रेडियो समस्थानिक (आइसोटोप) होते हैं, यूरेनियम-234 (0.0054%), यूरेनियम-235 (0.72%) और यूरेनियम-238 (99.275%)।

यूरेनियम एक सफेद धातु है और इसका आपेक्षिक घनत्व 18.3 है। यूरेनियम लिथोफाइल है और मुख्यत: आक्साइड, हाइड्रो-आक्साइड, सिलिकेट, फास्फेट और मैनेडेट के रूप में पाया जाता है। यह प्रकृति में धातु के रूप में नहीं पाया जाता।

इसका वितरण बहुत ही असमान है और पृथ्वी की सतह पर ही अधिक सीमित है। पृथ्वी की सतह में भी इसकी मात्रा बहुत भिन्न रूप में आबंटित है। इसका पर्याप्त मात्रा में संगठित होना, भूवैज्ञानिक वातावरण तथा क्रियाशीलता पर निर्भर करता है। इस क्रिया में यूरेनियम की भूरासायनिक गतिशीलता, बहुत-ही महत्त्वपूर्ण भूमिका निभाती है। यूरेनियम 8 वैलेन्सी में होते हैं, जिनमें U^{+4} और U^{+6} मुख्य हैं। U^{+4} बहुत स्थायी होता है, पर आक्सीजन पाकर अनुकूल वातावरण में आक्सीकृत होकर आसानी से U^{+6} में बदल जाता है जो बहुत ही अस्थायी होता है और जल में तुरन्त घुलित हो कर गतिशील हो जाने की वजह से स्थानान्तरित होकर अपचयन (रेड्यूसिंग) वातावरण में पुन: U^{+4} के रूप में अवक्षेपित हो जाता है। यूरेनियम संशोधन में इसका गतिशील चरित्र हमेशा ध्यान में रखना पड़ता है। भूपर्पटी तथा अन्य विभिन्न प्रकार के पाये गये पत्थरों में यूरेनियम की मात्रा (औसत) और इसके मुख्य खनिज सारणी-1 में दिये गये हैं।

यूरेनियम का सर्वक्षण

यूरेनियम की खोज के लिए अपनायी जानेवाली सर्वेक्षण विधियों को मुख्यत: निम्न प्रमुख वर्गों में बाँटा जाता है।

अ. भूवैज्ञानिक वातावरण का चयन

आरम्भ में अनुकूल वातावरण के लिए रेडिओ धर्मिता सर्वेक्षण हेतु क्षेत्रों का चयन करना आवश्यक होता है। इसमें कई प्रकार के कारणों पर विचार किया जाता है। उचित एवं अनुकूल शैल (रॉक) की जाँच की जाती है। भूतल पर जाँच आरंभ करने के पूर्व सैटेलाईट और हवाई फोटो का अध्ययन करना

सारणी 1

भू-पर्पटी बाहुल्य - 2 ppm

समुद्री जल - 3 ppm

शैल की किस्म	मात्रा (ppm)
गैबरो	0.6
डायोराइट	2.0
ग्रेनाइट	4.5
शेल	3.5
सैंडस्टोन	1.5
लाइमस्टोन	1.5

अयस्क खनिज

मूल खनिज

यूरेनीनाइट	संयुक्त UO_2 और UO_3
पिचब्लैंड	संयुक्त UO_2 और UO_3
काफीनाइट	$U(SiO_4)1 —x (DH) 4x$
ब्रेनराइट	$U.Ti_2O_6$

अनुपूरक खनिज

कारनोटाइट	$K_2(UO_2)2 (VO_4)2.1\text{-}3 H_2O$
ट्यूयामुनाइट	$Ca(UO_2)2 (VO_4)2.5\text{-}8 H_2O$
आटुनाइट	$Ca(UO_2)2 (PO_4)2.10\text{-}12 H_2O$
टोरबरनाइट	$Cu(UO_2)2 (PO_4)2.10 H_2O$
यूरेनोफेन	$Ca(UO_2)2 (SiO_3) (OH)2.5 H_2O$
शिरोकिंगराइट	$Na Ca_3(UO_2) (CO_3) (SO_4)F.10H_2O$

आवश्यक होता है जिससे क्षेत्र की भूवैज्ञानिक शैल-स्थिति तथा रचना को समझा तथा संभावित यूरेनियम की मात्रा का अनुमान लगाया जाता है। इन अध्ययनों के पूरा होने के साथ ही, द्रुत गति से भूमि पर सर्वेक्षण करने के लिए छोटे पैमाने वाले भूवैज्ञानिक मानचित्र भी काम में लाये जाते हैं।

आ. विसंगतियों का पता लगाना

यूरेनियम और थोरियम का प्रमुख गुण है रेडियोधर्मिता, जिसमें अल्फा, बीटा, गामा किरणें पैदा होती हैं जिनका आसानी से पता तथा मापन करके इनके खनिजों का पता लगाते हैं। इस हेतु दो प्रमुख यंत्र हैं, गाईगर मूलर काउन्टर और सिन्टीलेशन काउन्टर। रेडियोधर्मिता की माप से आसपास के पत्थरों में यूरेनियम और थोरियम की मात्रा का पता चलता है। तीन तरीकों से इनका उपयोग किया जाता है:

1. काउन्टर को लेकर पैदल चलना, 2. इसे पृथ्वी पर वाहन में लगाकर चलना, 3. हवाई सर्वेक्षण।

यूरेनियम, थोरियम और पोटाशियम जैसे रेडियोधर्मी तत्त्वों की महत्त्वपूर्ण सूचना मिलते ही भूवैज्ञानिकीय आँकड़ों से कम्प्यूटर द्वारा रेडिओमेट्रिक चित्र बनाये जाते हैं और विसंगतिक क्षेत्रों का विस्तार से अध्ययन किया जाता है। हवाई जहाज सर्वेक्षण के परिणामों को कम्प्यूटर प्रणाली से संशोधित कर के मानचित्र बनाये जाते हैं और विसंगत क्षेत्रों को दर्शाया जाता है।

इ. विसंगतियों का मूल्यांकन

यूरेनियम का पता लगने के बाद उसका ग्रेड, मोटाई तथा पृथ्वी सतह से गहराई आदि का पता लगाना अनिवार्य हो जाता है। पहले खाईयां बना कर खनिज्य पत्थरों के नमूनों की जाँच की जाती है और आरंभिक भूछेदन कार्य के लिए उसके विस्तार का पता लगाते हैं। जहाँ पर पत्थर उपलब्ध नहीं रहता और बहुत गहराई तक मिट्टी रहती है, उस हालत में वहाँ रेडौन सर्वे करके विसंगतियों का गहराई से अध्ययन करने के बाद, हीरक भूछेदन (डाइमंड ड्रिलिंग) द्वारा वहाँ यूरेनियम का ग्रेड, मोटाई और जमीन में उसकी स्थिति का पता लगाते हैं और उसके अयस्क की मात्रा की गणना करते हैं। भूछेदन से प्राप्त और अयस्क की रासायनिक जाँच कर के यह भी पता लगाया जाता है कि यूरेनियम की कितनी मात्रा इससे निकाली जा सकती है। इन सारी बातों का आर्थिक मूल्यांकन भी किया जाता है।

सर्वेक्षण की आधुनिक तकनीक

यूरेनियम सर्वेक्षण के विकास के क्रम के साथ-साथ, नयी आधुनिक तकनीकें भी सामने आयीं जिनसे गहराइयों में छिपे स्रोतों का पता चला। इन तकनीकों में फोटो जिओलॉजी और रिमोट सेन्सिंग, भूरासायनिक सर्वेक्षण और भूभौतिकी सर्वेक्षण आदि आते हैं।

क. फोटोजिओलॉजी और रिमोट सेन्सिंग: इसके द्वारा हवाई तस्वीरें, लैन्डसेट इमेज स्लार (साइड लुकिंग एअरबोर्न

ॉडर) तथा अन्य मल्टी स्पेक्ट्रल स्केनिंग इमेज का अध्ययन किया जाता है जिनसे क्षेत्रों का भूगर्भिक मर्म, शैल समूह की विशेषता एवं मेजर स्ट्रक्चर्स और लीनमेन्ट्स आदि का पता चलता है, और यूरेनियम की दृष्टि से उनका अनुकूल होना और न होना पहचाना जाता है। सेटेलाइट इमेजरी चित्रों से तो हाइड्रोथर्मल मिनरलाइजेशन आलटरेशन जोन का भी पता लगता है। इस तरह इन तकनीकों से उपयोगी क्षेत्रों के चयन में बहुत ही मदद मिलती है।

ग. भूरासायनिक तकनीक : इस अभियान में हम जल, नदियों के बालू-कण, मिट्टी, पत्थर व गैस के नमूने लेते हैं और विभिन्न तत्वों के लिए इनका विश्लेषण करते हैं। कुछ तत्वों का खास लगाव यूरेनियम के साथ होता है जो पथ-प्रदर्शक कहलाते हैं। इन तत्वों की मात्राओं का विश्लेषण करके विसंगतिक तत्त्वों का यूरेनियम के साथ व्यवहार को दर्शाते हुए भू-रासायनिक मान चित्र बनाया जाता है। इन मानचित्रों के अध्ययन से यूरेनियम भंडार की संभावना का पता चलता है।

घ. भू-भौतिकी तकनीक : इनमें शैलों तथा खनिजों के चुम्बकीय, विद्युतीय तथा घनत्व आदि गुणों का सहारा लिया जाता है। इसके अन्तर्गत मेगनेटिक, ग्रेविटी, सेल्फ व इन्ड्यूस्ड पोटेन्सिअल, इलेक्ट्रोमेग्नेटिक, और सीस्मिक सर्वेक्षण किये जाते हैं। गहराइयों पर अवस्थित, छिपे हुए निक्षेपों का अनुमान लगाने के लिए ये सर्वेक्षण-साधन बहुत उपयोगी सिद्ध हुए हैं, खासकर असम-विन्यास वर्ग के निक्षेप के लिये या उन निक्षेपों में जहाँ यूरेनियम का सहयोग सल्फाइड, ग्रेफाइट या अन्य ऐसे तत्वों से हो, जिनका कोई विशेष भूभौतिकी चरित्र हो। इन तकनीकों से अयस्क की बनावट का भी ज्ञान होता है।

ङ. रेडॉन सर्वे : जहाँ पर मिट्टी की गहराई बहुत अधिक हो और शैल व खनिज, सतह पर न उभरे हों, ऐसे स्थानों में रेडॉन गैस की जो यूरेनियम सीरीज का एक क्षयज उत्पाद है, माप की जाती है। मिट्टी में 6" का छिद्र 2 फीट गहराई तक खोद कर उसमें एकत्रित रेडॉन को पम्प के सहारे विशेष रूप में जमा करते है और रेडॉन मापे जाने वाले यंत्रों के सहारे इस गैस की मात्रा का पता लगाते हैं। इस तरह सिसिलेवी रूप से किसी क्षेत्र का नमूना लेकर जाँच करने के बाद एक रेडॉन मानचित्र तैयार होता है जिसके अध्ययन से यूरेनियम की खोज में मदद मिलती है।

च. ऐरोरेडिओमेट्रिक सर्वे : भारत में इस सर्वेक्षण का उपयोग वर्ष 1956 से ही किया गया। प्रारंभिक अवस्था में यह तकनीक बहुत विकसित नहीं थी और इससे हमें कुल रेडियोकिरणों का ही चित्र मिलता था जिससे यूरेनियम, थोरियम, पोटाशियम की भिन्नता का आभास नहीं हो पाता था। वर्ष 1978 से हमारी यंत्र-प्रणाली के विकास से तथा संवेदनशील थैलियम एक्टीवेटेड सोडियम आयोडाइट क्रिस्टल (16" × 4" × 4") संसूचक के प्रयोग के फलस्वरूप हमें क्षेत्र के यूरेनियम, थोरियम और पोटाशियम के अलग-अलग चित्र मिलने लगे। संगणक द्वारा इन चित्रों का विश्लेषण कर के यूरेनियम, थोरियम, पोटाशियम तथा यूरेनियम/थोरियम के उपयोगी मानचित्र बनाये जाते हैं, जिसके अध्ययन से पुंजीवत क्षेत्र का अनुमान लगा कर विस्तृत सर्वेक्षण के लिए क्षेत्रों का चयन किया जाता है।

भारत में सर्वेक्षण

यूरेनियम के सर्वेक्षण, दर्शन एवं प्रणाली में समय-समय पर परिवर्तन लाये गये जो विशेषत: विश्व के अनुभवों से प्रभावित हुए। नये-नये निक्षेप जो सामने आये, उनके सर्वेक्षण इतिहास को देखते हुए भारत में उन भूवैज्ञानिक क्षितिज व वातावरण, टेक्टानिक सेटिंग वाले क्षेत्रों पर ध्यान दिया गया, जहाँ यूरेनियम प्राप्ति की दृष्टि से पर्याप्त एवं अनुकूल मानदण्ड लगते थे।

प्रारंभिक अवस्थाओं में अपने यूरेनियम सर्वेक्षण प्रयास में हमने इस खनिज के जाने पहचाने स्रोतों को आधार बनाया, जैसे उनकी सलफाइड के साथ संगति (असोसियेशन), एसिड इन्ट्रसीवस, ज्वालामुखी और ग्रेनाइट के आसपास तथा अपरूपण क्षेत्र (शियर जोन) हमारे मुख्य लक्ष्य बने। फिर, धीरे-धीरे यूरेनियम के रासायनिक चरित्र से प्रभावित सैन्डस्टोन प्रकार के निक्षेपों का संशोधन हुआ, क्यू. पी. सी. निक्षेप का महत्त्व पहचाना गया और असम-विन्यास संबंधी निक्षेप की भूमिका को आंका गया। बड़े पैमाने पर यह देखा गया कि यूरेनियम के खनिज ज्यादातर कालबद्ध हैं। हमारी सर्वेक्षण प्रणाली सुधरी और उसमें आधुनिक विधियों, भूरासायनिकीय, भूभौतिकीय और भूवैज्ञानिकीय तकनीकों को अपनाया गया। इन आधारों पर पाये गये उचित विसंगतिक क्षेत्रों में हमने भूछेदन को बढ़ावा दिया। आज हम प्रति वर्ष 40-50 कि.मी. गहरा भूछेदन

करते हैं, हालांकि विश्व तुलना में हमारे प्रयत्न अभी भी मामूली से ही हैं। आज हमारी सर्वेक्षण क्रिया, विश्व में अपनाये गये तरीकों से मेल रखती है और काफी परिपक्व बन गयी है।

सर्वेक्षण के परिणाम और यूरेनियम की उपलब्धि

भारत में परमाणु खनिज का सर्वेक्षण कार्य आजादी के बाद आरम्भ हो गया। थोड़े समय में हमने कई उपलब्धियाँ प्राप्त कीं जिनमें जादूगुड़ा का यूरेनियम निक्षेप और उमरा का यूरेनियम निक्षेप सबसे पहले सामने आये। भारत में पाये गये निक्षेपों के प्रान्तीय विवरण निम्नलिखित हैं -

1. **बिहार :** बिहार यूरेनियम संशोधन की दृष्टि में पहला स्थान रखता है। यही एकमात्र प्रदेश है जहाँ से फिलहाल यूरेनियम को खनिज के रूप में निकाला जा रहा है और उसे उपचारित करके इसका प्रयोग परमाणु भट्टियों में हो रहा है। बिहार का सिंहभूम जिला अन्य खनिजों के साथ यूरेनियम खनिज का भी एक महत्वपूर्ण स्थान रखता है। यह लगभग 70% यूरेनियम खनिज देश को उपलब्ध कराता है। सिंहभूम का यह क्षेत्र 130 कि.मी. लंबा धनुषाकार रूप में पूरब से पश्चिम की ओर फैला हुआ है जहाँ ताम्र और यूरेनियम की उपलब्धि दो रूपों में मिलती है; एक तो डिसेमिनेटेड टाइप और दूसरा वेन टाईप जो खास कर सिस्ट और ग्रेन्युलर शैलों में मैगनेटाईट के साथ उपलब्ध है। यूरेनियम खनिज का उत्पादन मुख्य रूप से मध्य और पश्चिम क्षेत्र में होता है। पूर्वी क्षेत्र में सर्वेक्षण विस्तृत रूप से चल रहा है। इन सर्वेक्षणों के परिणामस्वरूप जादुगुड़ा के अतिरिक्त और भी कई निक्षेप सामने आये जिनमें भाटिन, निमडी, नरवापहाड़, तुरमडी, केरवाडुंगरी, गराडी आदि प्रमुख हैं। यहाँ यह भी देखा गया कि यूरेनियम खनिज के साथ ताम्र खनिज कम मिलता है, और साथ में निकेल और मौलिब्डेनम भी पाया जाता है। जहाँ ताम्र ज्यादा मिलता है, वहाँ यूरेनियम की मात्रा कम है, जैसे सूरदा, राखा माइन्स और मोसाबनी। फिर भी यहाँ के यूरेनियम को भी उपोत्पाद के रूप में निकालने का प्रयास कर रहे हैं। इसके अलावा, सिंहभूम के धंजोरी समूह के शैलों के नीचे और सिंहभूम ग्रेनाइट कॉम्प्लेक्स के ऊपर पाये जाने वाले कॉंगलोमेरेट में भी यूरेनियम मिला है जिसका विस्तृत सर्वेक्षण जारी है।

2. **उड़ीसा :** उड़ीसा में यूरेनियम खनिज मयूरभंज और क्योंझर जिले के रामचन्द्रापुर के क्यू.पी.सी. में प्राप्त हुआ है जहाँ सर्वेक्षण भूछेदन द्वारा चल रहा है। इसके अतिरिक्त, सुन्दरगढ़ जिले के गंगपुर बेसिन के प्रोटेरोजोइक शैलों में जो फोल्ड हो गये हैं और जिनके मध्य में सीयर जोन है, ग्रेनाइट के साथ यूरेनियम का पता चला है।यहाँ भी विस्तृत रूप से भूछेदन का काम चल रहा है और अन्वेषण जारी है।

3. **राजस्थान :** राजस्थान में यूरेनियम की उत्पत्ति का इतिहास दिल्ली और अरावली शैल समूह से जुड़ा है। उदयपुर जिले के उमरा, उदयसागर सर्वप्रथम सर्वेक्षण के दौरान सामने आये यहाँ यूरेनियम चालकोपराइट के साथ काले पत्थर (ब्लैक शेल)तथा फिलाइट में मिलता है। खेतरी के ताम्र क्षेत्र में कई छोटे - छोटे भंडार पाये गये हैं और अजबगढ़ शैल समूह के फिलाइट में पिच ब्लेंड खनिज ताम्र के साथ दरीवा क्षेत्र में मिला। लाड़ी के बास (सीकर जिला) में यूरेनियम के निक्षेप का पता चला है जहाँ सर्वेक्षण भूछेदन के द्वारा चल रहा है।

4. **मध्यप्रदेश :** मध्यप्रदेश में यूरेनियम गोंडवाना के बालुआ पत्थर और मिडिल प्रोटेरोजाइक के बेसाल्ट पत्थरों में पाया गया। भौरा का बालुआ पत्थर और राजनंद गांव जिले के बोडल और भंडारीटोला के एम्फिबोलाइट एवं सरगुजा और धावी और जजवाल क्षेत्र का साइनाइट पत्थर इनमें प्रमुख हैं। इसके साथ - साथ, छत्तीसगढ़ बेसिन में सर्वेक्षण का कार्य प्रमुख रूप से चल रहा है। खैरागढ़ क्षेत्र में भंडारा जिला का मोंगरा यूरेनियम के सर्वेक्षण में एक प्रमुख स्थान रखता है। इसके साथ, बस्तर जिले का दरवा क्षेत्र और इन्द्रावती क्षेत्र में भी यूरेनियम की उपलब्धि की जानकारी हुई है।

5. **कर्नाटक :** कर्नाटक राज्य के धारवाड के पत्थरों में यूरेनियम के अनेक निक्षेप पाये गये हैं। चित्रदुर्गा शैल समूह के ऊपरी भाग में सुपर ग्रुप में यूरेनियम मिला है जिसमें प्रमुख है चिकमंगलूर, बालकुन्जी, अखेल और एल्लकी। अखेल का क्षेत्र 80 कि.मी. लंबाई में उत्तरी कनारा जिले में फैला है। अखेल क्षेत्र की मुख्य विशेषता यह है कि यहाँ यूरेनिनाइट एवं स्वर्ण का खनिजीकरण देखा गया है।

6. **उत्तर प्रदेश :** उत्तर प्रदेश में होने वाला सर्वेक्षण मुख्यतः निचले और मध्य हिमालय से संबंधित है जिसका विवरण अलग से आगे दिया गया है। यूरेनियम, ललितपुर जिले के सुनराई क्षेत्र जो बुन्देलखण्ड ग्रेनाइट के ऊपर क्यू.पी.सी. के आधार पर स्थित है, बालुआ पत्थर और चूना - पत्थर के

साथ पाया गया। बिजावर शैल समूह में भी बालुआ पत्थर में यूरेनियम पाया गया है। इसके साथ, मिर्जापुर जिले के नवा गाँव क्षेत्र में यूरेनियम की उपलब्धि हुई है। मसूरी में फौसफोराईट के साथ यूरेनियम उपलब्ध है।

7. **हिमालय क्षेत्र :** भारत का एक विशाल भूखण्ड उत्तर से उत्तरपूर्व तक हिमालय के रूप में फैला हुआ है। यहाँ प्रीकेम्ब्रीयन चट्टानों के समूह के साथ - साथ, शीवालीक क्षेत्र का उद्भव हुआ है। इसे हम मुख्यत: दो भागों में बांटते हैं। एक मुख्य मध्य प्रणोद (मेन सेन्ट्रल थ्रस्ट) जिसमें हिमालय श्रंखला का प्रीकेम्ब्रीयन नाइस है, जिसमें यूरेनियम पाये जाते हैं बिजरानीगड़, तालुकुंड, चींजरा आदि स्थानों में। इसके अलावा, शीवालीक क्षेत्र जो हिमालय के अपरहित में ओलिगोसिन और प्लायोसिन में हुआ, सैन्डस्टोन शैलों में यूरेनियम के कई छोटे - छोटे भंडार मिले हैं जिनमें हमीरपुर का क्षेत्र प्रमुख है।

8. **उत्तर पूर्वी क्षेत्र :** मेघालय प्रदेश यूरेनियम खनिज में अपना महत्वपूर्ण स्थान रखता है। यहाँ की प्रमुख उपलब्धि है डोमियासियाह का निक्षेप, जहां उच्च श्रेणी का यूरेनियम बालू पत्थर में लोअर महाडेक फारमेशन में मिला है। इसके साथ, गोमा घाट फिलोंग - डिलोंग का क्षेत्र भी मुख्य है। खासी और जैतिया हिल में यूरेनियम के और भी कई निक्षेप मिले हैं। अरूणाचल प्रदेश, आसाम और नागालैंड के पर्वतों में यूरेनियम की विसंगतियाँ पायी गयी हैं। लोहित जिले के वाकरो कारबी, ऐलोंग जिले के कोसोंग क्षेत्र में शिलौंग समूह के काँगलोमेरेट में भी यूरेनियम का पता चला है। इसके साथ, समचंपी अल्कालाइन कांप्लेक्स में यूरेनियम के साथ पाईरोक्लोर के रूप में नियोबियम भी मिला है।

9. **आन्ध्रप्रदेश :** आन्ध्रप्रदेश का कडप्पा बेसिन यूरेनियम के निक्षेप में अपना एक प्रमुख स्थान रखता है जहाँ मिडिल और लेट प्रोटेरोजोइक कड़प्पा सुपर समूह के चापागनी स्टेज में यूरेनियम फौस्फेटिक डोलमेटिक लाईमस्टोन में मिला है। इस बेसिन के उत्तरी क्षेत्र में भी यूरेनियम पाये जाने की संभावना है।

उपर्युक्त विविरणों से यह पता चलता है कि भारत में यूरेनियम सभी प्रकार के शैलीय वातावरण में उपलब्ध है जो कि विश्व के अन्य देशों में पाये जाते हैं। 40 वर्षों से अधिक सर्वेक्षण के इस प्रयास में परमाणु खनिज प्रभाग ने यूरेनियम का एक अच्छा भंडार बना लिया है जो हमारे परमाणु ऊर्जा के विस्तार में काफी दूर तक सहयोग देगा। फिर भी, नये भंडारों की खोज नयी विधियों से जारी है।

उपसंहार

भारत में नाभिकीय ऊर्जा की आवश्यकता की पहचान प्रारंभ में ही की गयी और 5700 मेगावाट विद्युत वर्ष 2000 तक उपलब्ध कराने का संकल्प बना। इसे साकार बनाने के लिए इससे सम्बन्धित हर प्रकार के संशोधन कार्य साधे गये। ये भी अनुमान लगाया गया कि यह ऊर्जा अति सुरक्षित और उपयोगी है तथा इससे न तो वातावरण दूषित होगा और न ही पर्यावरण में असन्तुलन।

परमाणु ऊर्जा विभाग ने इस संकल्प को साकार बनाने में अपना उत्तरदायित्व संभाला और कच्चे माल, जैसे यूरेनियम, थोरियम वगैरह जुटाने में अपनी भूमिका निभायी। हमारे पास थोरियम का भंडार प्रचुर मात्रा में है। यूरेनियम की खोज का अभियान जोरों से चला और जल्द ही सर्वेक्षण विधियों में समय के साथ आधुनिकता लाकर आज एक परिपक्वता प्राप्त कर ली है जो विश्व के मापदंड से मेल खाता है। इन प्रयासों के सहारे हम काफी सफल रहे और हमारे पास अब यथेष्ट यूरेनियम का भंडार है (लगभग 78000 टन) जो भारत के नाभिकीय ऊर्जा उत्पादन के लिए पर्याप्त है। विश्व में पाये गये हर प्रकार के यूरेनियम निक्षेप भारत में हमने ढूंढ निकाले हैं सिर्फ असम - विन्यास संबंधित प्रकार (अनकनफरमेटिव रिलेटेड टाईप) को छोड़ कर। अभी तक के पाये गये निक्षेप ज्यादातर ग्रेड की हैसियत से विश्व की तुलना में निम्न हैं (.03 से .06% U_3O_8) अभी हाल में ही मेघालय के डोझियासियाट में पाये गये निक्षेप काफी उत्तम श्रेणी के हैं (0.01% से अधिक U_3O_8) और इससे हमारे हौसले और भी बढ़े हैं। हम आधुनिक तकनीक तथा विचारात्मक ढाँचों के माध्यम से और भी उच्च श्रेणी के निक्षेप ढूँढ निकालने के प्रयास में लगे हैं और सफलता का विश्वास रखते हैं। □

यूरेनियम खनन तथा सान्द्र का उत्पादन

जे. एल. भसीन,
अध्यक्ष एवं प्रबन्ध निदेशक
यूरेनियम कारपोरेशन ऑफ इंडिया लि.
जादुगोड़ा माइन्स, सिंहभूम (बिहार)

प्रस्तावना

बिहार के सिंहभूम थ्रस्ट बेल्ट में यूरेनियम खनिज भंडार की उपस्थिति का पता 60 वर्ष पूर्व सर्वप्रथम डा. जे. ए. डन तथा श्री ई. एफ. ओ. मरे द्वारा लगाया गया। आजादी के तत्काल बाद ही, देश में नाभिकीय ऊर्जा उत्पादन हेतु भारत ने यूरेनियम स्रोत का पूर्वेक्षण तथा विकास करने का निर्णय लिया। फलस्वरूप, वर्ष 1950 में सिंहभूम थ्रस्ट बेल्ट में यूरेनियम खनिज भंडार का सर्वेक्षण तथा पता लगाने के लिए एक कार्यक्रम बनाया गया। भारत सरकार के भू-सर्वेक्षण विभाग तथा परमाणु ऊर्जा विभाग के भू-वैज्ञानिकों के एक दल को सिंहभूम थ्रस्ट बेल्ट के 160 कि.मी. क्षेत्र में सर्वेक्षण तथा रेडियोधर्मी खनिज की उपस्थिति का पता लगाने का कार्य सौंपा गया। दल ने सिंहभूम थ्रस्ट बेल्ट में अनेक असामान्य रेडियोधर्मी क्षेत्रों का पता लगाया जिसमें जादुगोड़ा, भाटीन, नरवापहाड़, तुरामडीह तथा बागजाता इत्यादि हैं। विगत चार दशकों के अन्दर इनमें से कतिपय खनिज भंडार सर्वाधिक यूरेनियम उत्पादन करनेवाली खानें ही गयी हैं।

यूरेनियम अयस्क के खनन, संसाधन तथा यूरेनियम सान्द्रों के उत्पादन के उद्देश्य से 4 अक्टूबर, 1967 को यूरेनियम कारपोरेशन ऑफ इंडिया लिमिटेड (यूसिल), एक सार्वजनिक संस्थान के रूप में संस्थापित किया गया जिसका पंजीकृत कार्यालय जादुगोड़ा माइन्स, बिहार में है। भारत में नाभिकीय ऊर्जा कार्यक्रम हेतु, यूरेनियम की बढ़ती हुई मांग को पूरा करने के उद्देश्य से यूसिल का निर्माण किया गया। इस की प्राधिकृत अंश पूंजी 140 करोड़ रुपये है जबकि इसकी प्रदत्त पूंजी 55.9 करोड़ रुपये है। पूर्ण उत्पादित यूरेनियम सान्द्र को परमाणु ऊर्जा विभाग द्वारा हैदराबाद स्थित नाभिकीय ईंधन सम्मिश्र में नाभिकीय श्रेणी के ईंधन में परिवर्तित करने के लिए ले लिया जाता है।

यूसिल में इसकी कई इकाईयां प्रचालनरत हैं जिनमें दो खानें, एक जादुगोड़ा तथा दूसरी भाटिन में, एक यूरेनियम मिल जादुगोड़ा में, तीन यूरेनियम पृथक्करण संयन्त्र कॉपर टेलिंग्स से यूरेनियम पृथक्करण हेतु, एक उपोत्पाद संयन्त्र कॉपर तथा मोलिब्डेनम सल्फाइड पृथक्करण के लिए तथा एक मेगनेटाइट संयन्त्र जो यूरेनियम अयस्क में उपस्थित मेगनेटाइट को पृथक करता है। वर्तमान में यूसिल बिहार के सिंहभूम जिले में दो बड़ी यूरेनियम खनन एवं संसाधन परियोजनाएं, नरवापहाड़ तथा तुरामडीह में निर्माण करने में लगी हुई है। इन दोनों नयी परियोजनाओं हेतु सरकार की स्वीकृति अप्रैल, 1989 में प्राप्त हो गयी थी तथा इन दोनों परियोजनाओं में उत्पादन कार्य 1993-94 तक आरम्भ हो जाने की आशा है।

जादुगोड़ा खान

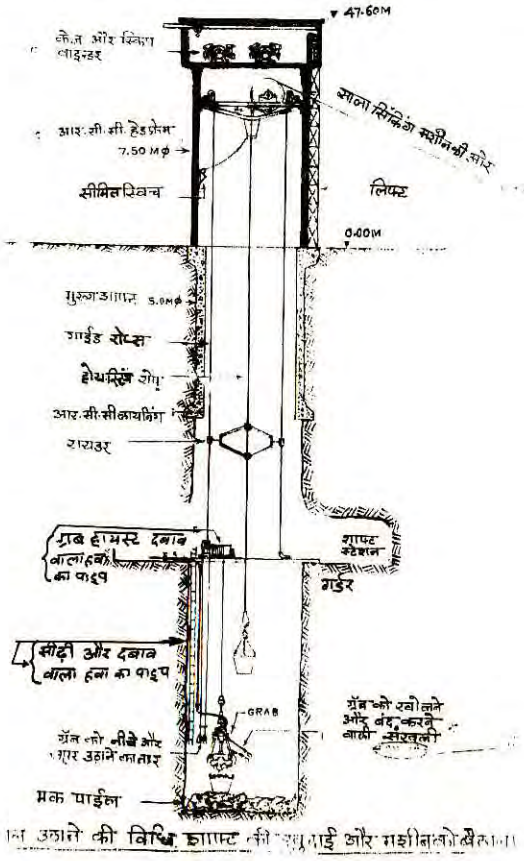
1. **भू-विज्ञान**

सिंहभूम थ्रस्ट बेल्ट का भू-विज्ञान क्षेत्र विगत 50 वर्षों से भू-विज्ञानियों के लिए महत्त्वपूर्ण अध्ययन का विषय रहा है। इस क्षेत्र में अग्रदूत के रूप में डा. डन तथा डा. डे ने कार्य किया था। उन्होंने सम्पूर्ण क्षेत्र को दो बड़े भाग, उत्तर थ्रस्ट बेल्ट तथा दक्षिण थ्रस्ट बेल्ट में बांट दिया। उत्तरी भाग के थ्रस्ट बेल्ट में चाईबासा का पत्थर तथा लौह अयस्क पाया गया, जबकि दक्षिणी भाग के थ्रस्ट बेल्ट में लौह अयस्क चरण, धनजोरी चरण तथा सिंहभूम ग्रेनाइट पाया गया। थ्रस्ट क्षेत्र चाईबासा तथा लौह अयस्क चरण पत्थरों के बीच विकसित रूप में पाया गया।

जादुगोड़ा खान में अयस्क के दो समूह हैं, एक फुट वाल लोड (एफ.डब्लू.एल.) तथा दूसरा हैंगिंग वाल लोड (एच.डब्लू.एल.)। दोनों एक दूसरे से करीब 60 से 100 मी. की दूरी पर अलग हैं। एफ.डब्लू.एल. दक्षिण पूर्व तथा उत्तर पश्चिम में करीब 800 मी. लम्बे क्षेत्र में फैला हुआ है, परन्तु एच.डब्लू.एल. केवल 200 से 300 मी. की लम्बाई में है तथा भंडार के केवल पूर्वी भाग तक ही सीमित है। लोड की औसत मोटाई 3 से 4 मी. है जबकि खान में कहीं-कहीं पर लोड की मोटाई 20-25 मी. तक है। एफ.डब्लू.एल. सामान्य रूप से बेहतर खनिज युक्त है जिसमें यूरेनियम के अतिरिक्त, कॉपर, निकेल तथा मोलिब्डेनम सल्फाइड खनिज भी उपलब्ध हैं। इन दोनों लोडों की गहराई औसतन 40 से 45 मी. है। जादुगोड़ा में अयस्क समूह जमीन की सतह से 750 से 800 मी. की गहराई तक पूर्वेक्षण किया गया है तथा और भी अधिक गहराई तक अयस्क उपलब्ध होने की संभावना है।

2. प्रवेश की विधि

खान में मुख्य प्रवेश 5 मी. व्यास के गोलाकार लाइन्ड शाफ्ट (वृताकार रेखित कूपक) के द्वारा होता है। शाफ्ट को 640 मी. की गहराई तक दो चरणों में ले जाया गया है - प्रथम, जमीन से 315 मी. की गहराई तक, तथा दूसरा, 315 मी. से 640 मी. की गहराई तक। शाफ्ट टावर माउन्टेड मल्टीरोप फ्रिक्शन वाइन्डर से सज्जित है। केज तथा स्किप वाइन्डर काउन्टर-भार तथा टेल रोप द्वारा संतुलित है। कार्मिकों तथा सामग्री को नीचे लाने तथा ऊपर ले जाने एवं अपशिष्ट पत्थरों को ऊपर ले जाने के लिए दो डेक केज का इस्तेमाल किया जाता है। 605 मी. ले. से अयस्क को ऊपर ले जाने के लिए स्किप के साथ 5 टन पे-लोड का इस्तेमाल किया जाता है। कम्प्रेस्ड वायु के लिए पाइप कॉलम, वाटरमेन, ड्रिलिंग तथा पीने का जल तथा बिजली कन्ट्रोल केबुल सहित शाफ्ट सज्जित है (चित्र-1)।



...उठाने की विधि शाफ्ट की खुदाई और मशीनों की...

3. खान का मानचित्र

मुख्य लेवेल, अन्त के 550 मी. ले. तक 65 मी. के अन्तर पर वर्टिकल रूप में है। अन्वेषणात्मक खनन के दौरान धातु रेखा को प्राप्त करने के लिए 5 प्रवेश द्वार (एडिट) बनाये गये थे। जमीन की सतह (0 मी. ले.) से 30 मी. ले. तक विकसित कर रेजेज तथा विन्ज से जोड़ा गया, फलस्वरूप 0 मी. ले. से मुख्य विन्ज खोद कर 50 मी., 100 मी. तथा 165 मी. की गहराई तक विकसित किया गया और बाद में शाफ्ट तथा अयस्क के रास्ते से जोड़ दिया गया। नीचे के लेवेल को 230 मी., 295 मी., 370 मी., 434 मी., 495 मी. तथा 555 मी. तक शाफ्ट से विकसित किया गया। क्रशिंग तथा लोडिंग स्टेशन क्रमशः 580 मी. ले. तथा 605 मी. ले. में स्थित किये गये।

4. खान का विकास

खान के विकास कार्य में अयस्क तथा अपशिष्ट पत्थरों में विन्ज, रेजेज, क्रासकट तथा ड्रिफ्ट का विकास सम्मिलित है।

(क) ड्राइव : मुख्य लेवेल में ड्राइव सामान्य रूप से 2.4 मी. × 2.5 मी. आकार के हैं जिनके साथ 610 मि. मी. गेज ट्रेक फिट किया जाता है। जैक हैमर ड्रिल से वर्न-कट पद्धति द्वारा ड्रिलिंग किया जाता है। ब्लास्टेड पत्थर को नूमेटिक लोडर द्वारा हटाकर (इमको 12 बी/21) बगल के टिपिंग टब में लोडिंग किया जाता है। इन टबों को या तो ग्रिजली में डाला जाता है अथवा केज के द्वारा जमीन तक ऊपर ले जाने के लिए डिजल लोकोमोटिव द्वारा चलाया जाता है। ड्राइव में वायुसंचार क्रासकट धातु अथवा लचीले नालिका से बने सहायक पंखों द्वारा उपलब्ध कराया जाता है।

(ख) रेजिंग : रेजिंग प्रत्येक खान के विकास कार्यक्रम का मुख्य कार्य है। नीचे से ऊपर लेवेल तक रेजेज का विकास, वायुसंचार, लैडर-वे, अयस्क हस्तान्तरण इत्यादि के लिए किया जाता है। खान को उत्पादन लक्ष्य तथा उत्पादन क्षमता तक लाने के लिए तीव्र रेजिंग विधि आवश्यक है। सुरक्षा, तीव्र गति से कार्य तथा मितव्यता के दृष्टिकोण से रेजिंग विधि में सुधार कार्य बराबर किया जाता रहता है। रेजिंग के निम्नलिखित तीन तरीके हैं :

(I) ओपेन रेजिंग : यह विधि अत्यन्त सरल है तथा इसका इस्तेमाल सामान्य रूप से अधिक होता है। इस विधि में टिम्बर प्लैन्क के प्लेटफार्म पर जो स्टैन्डर्ड रेल क्लैम्प की सहायता से स्थित होता है, खड़े होकर ड्रिलिंग करता है। प्रत्येक बार

ब्लास्ट करने के पहले प्लेटफार्म को खोल दिया जाता है। रस्सी की सीढ़ी से फेस तक रास्ता बनाया जाता है। 6 से 8 मी. तथा 40 ° से 60 ° अनत, छोटे रेज के लिए यह विधि उत्तम है।

(II) कम्पार्टमेंट रेजिंग : इस प्रणाली में लकड़ी की दीवाल बनाकर रेज को दो कम्पार्टमेंट में विभाजित कर दिया जाता है जिसमें बड़े क्रास सेक्शन का इस्तेमाल टूटे पत्थरों से किया जाता है तथा बाकी में रास्ता बनाने के लिए पाइप तथा लैडर का इस्तेमाल किया जाता है। उस समय तोड़े हुए पत्थर, ड्रिलिंग कार्य हेतु प्लेटफार्म का कार्य करते हैं। ब्लास्टिंग के समय सीढ़ी वाला कम्पार्टमेंट लकड़ी के प्लैन्क से ढक दिया जाता है।

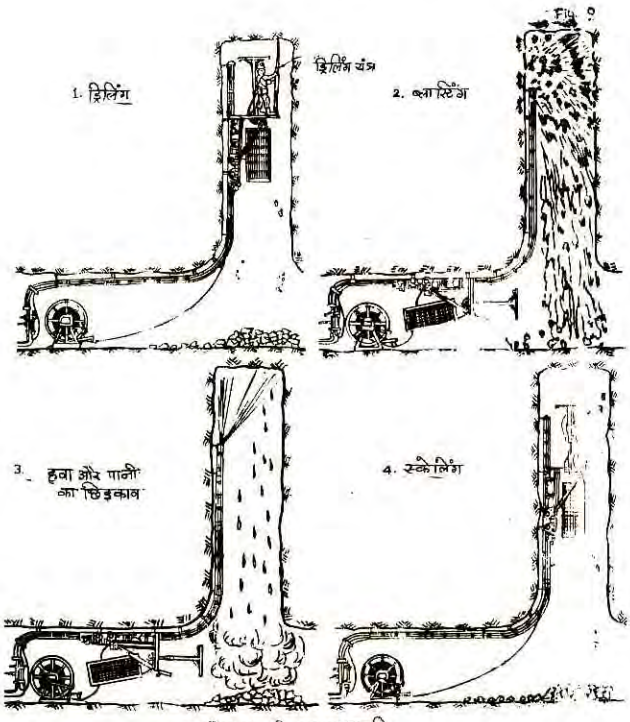
(III) एलिमेक रेज क्लाइम्बर द्वारा रेजिंग : इसमें किसी भी कोण व ऊंचाई से एक स्वयं कम्प्रेस्ड हवा द्वारा चलित प्लेटफार्म आवश्यक है जो रेल गाइड में घूमते हुए, छत तक आदमी तथा सामग्री को ले जाने के लिए ऊपर उठता है। गाइड को दीवाल से अकुंचनशील बोल्ट के द्वारा लटकाया जाता है।

वर्ष 1967 में एलिमेक रेज क्लाइम्बर इस्तेमाल करने वाल भारत में जादुगोड़ा की प्रथम खान थी। अयस्क पास रेज तथ वायुसंचार रेज, प्रथम चरण में तथा बाद में द्वितीय चरण शाफ्ट गहरा करने का सभी कार्य एलिमेक रेज क्लाइम्बर द्वारा ही किया गया (चित्र-2)।

5. भराई (स्टोपिंग)

निकाले गये अयस्क के स्थान पर भराई एक प्रविधि है भराई के बहुत से तरीके हैं। भराई की विधि अयस्क समू के आकार, प्रकार, प्रकृति तथा पत्थर की दीवाल की मजबूत पर निर्भर करती है।

जादुगोड़ा में भराई 'कट एण्ड फिल' पद्धति से किय जाता है जिसके लिए डिसलाइम्ड मिल टेलिंग्स का इस्तेमाल किया जाता है। टूटे हुए अयस्कों को वायु चालित लोड हाल डम्प उपकरण का इस्तेमाल कर यांत्रिकीय रूप से संचालित किया जाता है। तोड़े हुए अयस्कों को हस्तान्तरित करके फुट वाल अयस्क हस्तान्तरण मार्ग में लाया जाता है और पास के नीचे से अयस्क को 3.5 टन क्षमता वाले ग्रेनवाई का में लोड किया जाता है। ये खान कार डिजेल लोकोमोटिव



द्वारा चलाया जाता है जिससे स्वत: मुख्य अयस्क मार्ग में डम्प होता रहता है। प्रत्येक लेवेल में मुख्य ट्रेमिंग ड्राइव अयस्क के फुट वाल साइड में विकसित किया जाता है। इस तरीके से पिलर में से सभी अयस्क निकल जाता है। इस 'कट एण्ड फिल' पद्धति से करीब 80% अयस्क निकाल लिया जाता है तथा यह पद्धति जादुगोड़ा खान के लिए उपयुक्त है।

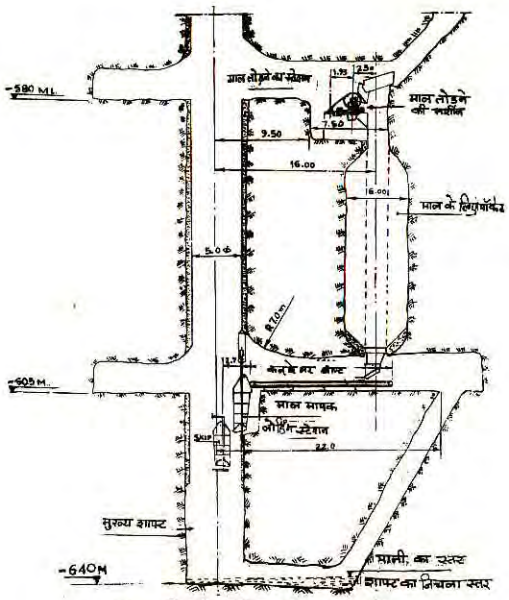
6. बालू के द्वारा भरना (सैन्ड स्टोपिंग)

डिसलाइम्ड मिल टेलिंग्स को द्रवीय रूप में 75 मि. मी. व्यास के डायमण्ड ड्रिल बोर होल के द्वारा सरफेस से अन्डरग्राऊन्ड तक लाया जाता है। भंडार के पश्चिम, मध्य तथा पूर्व में तीन बोर होल स्थित हैं जो कि 100 मी. ले. 165 मी. ले. तथा 230 मी. ले. ड्राइव से जुड़े हुए हैं। इन बोर होल के नीचे से टेलिंग्स को टेप किया जाता है तथा विभिन्न स्टूपों में 90 मि. मी. उच्च घनत्व के पालिथिलिन पाइप द्वारा ले जाया जाता है। बालू को गहरे लेवेल पर कार्य स्थल तक ले जाने के लिए प्रत्येक लेवेल में बोर ड्रिल किया जाता है।

7. शाफ्ट सिंकिंग

जादुगोड़ा में मुख्य शाफ्ट दो चरणों में सिन्क किया गया। प्रथम चरण भूमि सतह से 315 मी. गहराई तक था। शाफ्ट सिंकिंग का कार्य अप्रैल, 1964 में आरम्भ हुआ तथा सितम्बर, 1968 में पूरा हो गया। सब-सोऑयल (अवमृदा) तथा वेदर्ड (अपक्षीण) पत्थर जोन (34 मी.) में शाफ्ट लाइनिंग आर.सी.सी. के द्वारा स्टील शटर का इस्तेमाल करके किया गया है। 7.50 मी. आन्तरिक व्यास के तथा 41.5 मी. ऊंचे आर.सी.सी. को मुख्य फ्रेम स्लिप फार्म कंक्रीटिंग तकनीकी से खड़ा किया गया तथा दिन रात कार्य करके पूरा किया गया। शाफ्ट की खुदाई का व्यास 5.7 से 6.0 मी. था तथा पूरी लम्बाई तक कंक्रीट द्वारा 5 मीटर व्यास को भरा गया। शाफ्ट के नीचे ड्रिलिंग को दो भागों में किया गया। वेन्च (तख्ती) एक मीटर की ऊंचाई के अन्तर पर होने के कारण ब्लास्टिंग के लिए दो मार्ग बनाये गये। सोलार लैडर तथा पाइप की खराबी तथा क्षति का रोकने के उद्देश्य से ड्रिलिंग के लिए स्पाइरल पद्धति का अनुपालन किया गया। मकिंग के लिए 0.6 घन मीटर क्षमता के कैक्टस ग्रैव के साथ दो 1.5 घनमीटर क्षमता वाले वकेट का इस्तेमाल किया गया। शाफ्ट की सिंकिंग के लिए एस.एल.ए. हॉयस्ट का इस्तेमाल किया गया।

शाफ्ट के नजदीक ऊपर में 50 सें.मी. व्यास की धातु



माल तोड़ने और उठाने की पद्धति

नलिका तथा लचीली टेरेलिन नलिका का प्रयोग कर दो 15 ए.पी. के वायुसंचार पंखे लगाये गये। शाफ्ट लाइनिंग का कार्य स्लिप फार्म विधि से किया गया है। शाफ्ट लाइनिंग के बाद बनटोन, रेल, रोप गाइड, पाइप कॉलम, बिजली तथा कन्ट्रोल इत्यादि उपकरण लगाये गये तथा स्कीप एवं इसमें काउन्टर भार उसके बाद लगाया गया।

शाफ्ट का द्वितीय चरण 315 मी. से 640 मी. तक गहरा है। द्वितीय चरण में शाफ्ट को गहरा करते समय प्रथम चरण से उत्पादन चालू था। गहरा करने के लिए एक 3.5 मी.व्यास के पाइलट शाफ्ट को मुख्य शाफ्ट से 21.5 मी. की दूरी पर 295 मी. ले. से 640 मी. ले. तक सिन्क किया गया। सिंकिंग का कार्य 0.25 घन मीटर क्षमता वाले एक ग्रैब का इस्तेमाल कर प्रचलित तरीके से किया गया। पाइलट शाफ्ट एक क्रासकट शाफ्ट के ठीक नीचे से किया गया तथा रेज को 640 मी. से 295 मी. तक विकसित किया गया। मुख्य लेवेल 370, 434, 495 तथा 555 मी. में खोले गये। शाफ्ट फिटिंग को अयस्क समूह के एक्स-कट ड्राइविंग के समय क्षति से रोकने के लिए मुख्य शाफ्ट को पर्याप्त रूप से विकसित किया गया।

क्रशिंग तथा स्किप लोडिंग स्टेशन 580 मी. ले. तथा 605 मी. ले. में बनाया गया। उसके बाद शाफ्ट को स्लिपफार्म से कंक्रीट किया गया और बन्टोन, रेल गाइड तथा पाइप कॉलम उपकरण लगाया गया। जिस निर्माण उपकरण का इस्तेमाल प्रथम चरण में किया गया था, उसी उपकरण का इस्तेमाल द्वितीय चरण में भी किया गया। वायुसंचार हेतु लचीली नलिका सहित दो पंखों की व्यवस्था की गयी। द्वितीय चरण का कार्य 1977-78 में पूरा हो गया (चित्र-3)।

शाफ्ट का तृतीय चरण

555 मी. ले. से 880 मी. ले. तक की गहराई में उपलब्ध अयस्क के खनन हेतु एक सहायक शाफ्ट निर्माणाधीन है। यह शाफ्ट मुख्य शाफ्ट से 580 मी. उत्तर में स्थित है। वाइन्डर 495 मी. ले. में स्थापित किया जायेगा तथा 555 मी.ले. से 495 मी.ले. के बीच 7.5 मी. व्यास में खुदाई की जायेगी जैसा कि प्रथम चरण में भूमि सतह से ऊपर टावर तक व्यवस्था की गयी थी। नई लेवलें 620, 685, 750, 815 तथ 880 मी. में खोली जायेंगी। क्रशिंग स्टेशन तथा स्किप लोडिंग स्टेशन 835 तथा 865 मी.ले. की गहराई में खोले जायेंगे।

8. वायुसंचार

खान के पश्चिमी तथा अन्तिम पूर्वी भाग एडिट नं. 2 तथा 5 में 3,000 क्यू.एम. मी. क्षमता वाले 76 मि.मी. गेज के पी. वी. 160 एरोफिल पंखे लगाये गये हैं। अन्डरग्राउन्ड में शार्टसर्किट को रोकने तथा गहरे लेवलों में स्वच्छ वायु संचार के लिए वायु संचार दरवाजे लगाये गये हैं।

9. विकिरण सम्बधी खतरे

यूरेनियम खान में भूमिगत खनन प्रचालन के फलस्वरूप होने वाले स्वास्थ्य सम्बन्धी खतरों के अलावा, कामगार विकिरण सम्बन्धी खतरों से भी प्रभावित होते हैं। इस प्रकार के खतरे रैडन गैस तथा वायु में उपस्थित धूल गर्द को सांस द्वारा लेने के कारण होते हैं। रैडान गैस के प्रभाव को कम करने के लिए खान में उत्तम वायुसंचार प्रणाली होना आवश्यक है ताकि उत्पन्न रैडान गैस खान से बाहर निकल जाये तथा सभी कार्य स्थल पूर्ण रूप से वायुसंचरित रहें। इस दृष्टिकोण से शक्तिशाली वायुसंचार पंखे लगाये जाते हैं तथा इन्हें हमेशा चालू रखा जाता है, और जहाँ पर जरूरी होता है, और भी सहायक पंखे लगाये जाते हैं। धूल-गर्द को कम करने के लिए खान में जहाँ पर धूल-गर्द उत्पन्न होने की संभावना होती है, जल का छिड़काव किया जाता है। सभी ड्रिलिंग कार्य जल से भिगो देने के उपरान्त किये जाते हैं तथा जहाँ पर से अयस्क को ले जाया जाता है, वहाँ पानी छिड़ कर धूलगर्द को कम कर दिया जाता है।

विकिरण, रैडान तथा धूलगर्द का सर्वेक्षण भा.प. अ. केंद्र के स्वास्थ्य भौतिकी दल द्वारा किया जाता है। जादुगोड़ा में इस दल की एक पर्यावरण सर्वेक्षण प्रयोगशाला है। इस प्रयोगशाला के सदस्य खान से सैम्पल नियमित समय के अन्तराल पर लेते हैं तथा विकिरण सम्बन्धी सभी पहलुओं पर ध्यान रखते हैं। जादुगोड़ा की पर्यावरण प्रयोगशाला में जाँच परिणाम से पता चलता है कि प्रति वर्ष विकिरण का प्रभाव ग्राह्य सीमा, 5 रेम से नीचे ही है।

0. जादुगोड़ा मिल

जादुगोड़ा तथा भाटीन खान में उत्पादित यूरेनियम अयस्क था यूरेनियम पृथक्करण संयन्त्र से लाये गये यूरेनियम खनिज न्द्र का संसाधन जादुगोड़ा स्थित मिल में किया जाता है। ेल की स्थापित क्षमता 1370 टन प्रतिदिन की है।

. पिसाई (क्रशिंग)

जादुगोड़ा का यूरेनियम अयस्क कन्वेयर बेल्ट के द्वारा क्रशिंग क्शन तक लाया जाता है ,जबकि भाटिन से ग्राउन्ड हॉपर ा माध्यम से क्रशिंग तथा ग्राइडिंग के लिए आता है। दो रणों में क्रशिंग किया जाता है, अयस्क 200 मि.मी. और 25 मि. मी. के स्केलपर में छांटा जाता है। बड़े आकार वाले ो प्राइमरी जॉ क्रशर में पीसा जाता है। इसे ट्रिपल डेक में 13 मि.मी., 65 मि.मी. तथा 25 मि.मी. में स्क्रीन किया ाता है। 25 मि.मी. आकार वाले अयस्क को चुना जाता तथा 113 मि.मी. और 65 मि.मी. के छोटे टुकड़ों तथा की अवशेषों को पुनः सेकन्डरी क्रशिंग में डाल कर पीसा ाता है।

. पेषण (ग्राइंडिंग)

पेषण दो चरणो में किया जाता है; प्रथम, प्राइमरी रड ल में भीगे रूप में पिसाई करना तथा द्वितीय, पिबल मिल , ताकि 60% अयस्क बारीक रूप में 200 मेश के द्वारा कल जाये। इस स्लरी को गाढ़ा कर छान लिया जाता है कि बाकी का उचित घोल बनने हेतु पानी निकाला जाये ा 60% ठोस स्लरी को छान कर केक अवक्षेपित किया ता है। यह स्लरी की यांत्रिकी तैयारी होती है।

. निक्षालन (लीचिंग)

निक्षालन हेतु स्लरी को लीचिंग पाचुका में पम्प किया ता है जो कि आवश्यक रूप से एयर एजिटेटेड टैंक होता । लीचिंग में यूरेनियम के टेट्रावेलेन्ट रूप को हेक्सावेलेन्ट ा में आक्सीकृत किया जाता है जो कि एसिड में घुलनशील । इस में सलफ्यूरिक एसिड तथा पाइरोलूसाइट अर्थात् ा.एन.ओ. को मिलाया जाता है ताकि 1.6-1.7 पी. एच. ा तापमान 36-38 डिग्री बना रहे। अभिक्रिया का समय 2 घंटे का है। 9 लाइन में 13 नम्बर पाचुका है। स्लरी एक पाचुका से दूसरी पाचुका तक ऊपर से बहकर (ओवरफ्लो) जाती है और उसी दौरान अंतिम पाचुका से आकर स्लरी 12 घंटे तक रहती है और करीब 95% यूरेनियम निक्षालित हो जाता है।

4. छानन (फिल्ट्रेशन)

निक्षालित स्लरी को दो चरणो में स्ट्रींग डिसचार्ज वेक्यूम ड्रम फिल्टर का इस्तेमाल करके फिल्टर किया जाता है। प्राइमरी फिल्टर से प्राप्त द्रव्य में 100-500 पी.पी.एम. स्लाइम उपलब्ध रहता है। प्रीकोट फिल्टर पर 8-10 पी.पी.एम. से कम अशुद्ध द्रव्य विशुद्धीकरण कर के प्राप्त किया जाता है।

इस स्तर पर द्रव्य में 0.5 - 0.6 ग्राम/लि. U_3O_8, फेरस तथा फेरिक सल्फेट, घुली मैंगनीज युक्त एसिड तथा अन्य अशुद्धियाँ रहती हैं। इसे आयन एक्सचेन्ज विधि द्वारा स्ट्रंग वेस आयन एक्सचेन्ज रेजिन का प्रयोग करके सांद्रित तथा शुद्ध किया जाता है। यूरेनियम सल्फेट, फेरिक सल्फेट तथा आयरन सल्फेट का मिश्रण अवशोषित हो जाता है जिसे एक सामान्य नमक घोल द्वारा इलूएट किया जाता है। अच्छे इलुएट में 5-6 ग्राम/लि. U_3O_8 रहता है। सल्फाइड को 3.8 पी.एच. तक बढ़ाने के लिए इलूएट को लाइम के साथ संसाधित किया जाता है जिससे जिपसम अवक्षेपित हो जाता है। इसे गाढ़ा तथा फिल्टर किया जाता है। आयरन के साथ कुछ यूरेनियम भी अवक्षेपित हो जाता है, इसलिए इसे लीचिंग में यूरेनियम पृथक करने के लिए भेजा जाता है।

5. अवक्षेपन

ओवरफ्लो को मैग्नेशिया के साथ संसाधित करके मैग्नेशियम डाइयूरेनेट अथवा एलो केक के रूप में प्राप्त किया जाता है जिसे गाढ़ा कर, धोकर तथा सुखाकर ड्रमों में भरा जाता है। एलो केक में करीब 74% U_3O_8 रहता है।

इस प्रक्रिया में दो प्रकार के अपशिष्ट उत्पन्न होते हैं, फिल्टर सेक्शन के बैरॅन केक तथा आयन एक्सचेंज प्रणाली से बैरॅन द्रव्य। बैरॅन द्रव्य में घुली मैंगनीज को अवक्षेपित करने के लिए इसे 10.5 पी.एच. तक प्रभावहीन कर दिया जाता है। बैरॅन केक स्लरी को मैगनेटाइट प्लान्ट में भेजा जाता है जहाँ पर मैगनेटाइट को अलग करने के उपरान्त इसे प्रभावहीन बैरॅन

द्रव्य के साथ मिलाया जाता है। इसे हाइड्रोसाइक्लोन द्वारा विश्लेषित किया जाता है। मोटी बालू को खान में भरने के लिए भेज दिया जाता है तथा बारीक बालू को टेलिंग्स पोंड में भेजा जाता है जहाँ पर ठोस तथा अवक्षेपित पदार्थ बैठ जाता है और स्वच्छ द्रव्य को निथार लिया जाता है।

6. बहिस्रावी (एफ्लूएन्ट) संसाधन

टेलिंग्स पोंड से निथारे हुए द्रव्य में कभी-कभी निर्धारित सीमा से अधिक मैंगनीज तथा रेडियम उपलब्ध होते हैं, परन्तु तैयार मिश्रित बहिस्रावी सीमित मात्रा में इस्तेमाल होता है क्योंकि इसमें अन्य बहावों के घोल होते हैं। हाल ही में, जल की अधिक आवश्यकता को ध्यान में रखकर मिल का विस्तारण इसकी क्षमता की वृद्धि हेतु किया गया है जिसे सिर्फ जल में सुधार लाकर ही किया जा सकता था, इसलिए जल सुधार तथा टेलिंग्स पोंड बहिस्रावी की योजना संयुक्त रूप से कार्यान्वित की गयी। इसे मार्च, 1990 में चालू कर दिया गया है। इसके परिणाम स्वरूप सिर्फ स्वच्छ जल की आवश्यकता में ही कमी नहीं आयी, बल्कि तैयार बहिस्रावी की शुद्धता भी बढ़ी है।

7. योजना

इस योजना में विचार का मुख्य विषय था खान का जल, मेगनेटाइट पीट जल तथा टेलिंग्स पोंड जल में क्लोराइड की मात्रा उपलब्ध रहने के कारण इसे आयन एक्सचेन्ज के द्वारा आगे उपयोग कैसे किया जाये। इसे तीन चरणों में कार्यान्वित किया जाता है -

(i) कम्प्रेसर जल तथा अतिरिक्त वैक्यूम सिल जल को जमा करके दुबारा वाटर ट्रीटमेंट प्लान्ट में स्थित औद्योगिक जल कुंड में इस्तेमाल के लिए भेज दिया जाता है।

(ii) खान का जल तथा मैगनेटाइट पीट जल में कुछ तत्त्व होते हैं, अत: इसे थिकेनर में पम्प कर दिया जाता है। ओवरफ्लो को मिल स्थित जल-कुंड में जमा किया जाता है। इस जल का उपयोग सेकन्डरी केक रिपलपिंग तथा मेगनाटाइट प्लान्ट में आयन ऐक्सचेन्ज के बहाव में किया जाता है। नीचे बहने वाले जल को टेलिंग्स पोंड में पम्प कर दिया जाता है।

(iii) टेलिंग्स पोंड के ओवरफ्लो को ग्रेविटी ड्रेन द्वारा वाटर ट्रीटमेन्ट प्लान्ट में लाया जाता है। संशोधित बहिस्रावं को टैंक में जमा किया जाता है तथा आवश्यकतानुसार मिल में उसकी आपूर्ति की जाती है। अतिरिक्त बहिस्रावी को पर्यावरण में मुक्त करने के पहले रेडियम तथा मैगनेशियम को पृथक करने के लिए संसाधित किया जाता है।

8. संसाधन योजना

पुनर्संसाधन संयंत्र की क्षमता 100 सी.यू.एम. है। विशुद्ध बहिस्रावी नियंत्रित दर से बेरियम रियेक्शन टैंक में पम्प किया जाता है। बेरियम क्लोराइड घोल को बहिस्रावी की 25 मि.ग्रा./लि. की दर से रेडियम अवक्षेप को बेरियम रेडियम सल्फाइड के रूप में परिवर्तित करने के लिए मिलाया जाता है। उसके बाद लाइम के द्वारा पी.एच. 10 तक प्रभावहीन बनाकर मैगनेशियम अवक्षेपित किया जाता है तथा इस क्रिया में अभिक्रिया का समय एक घंटा होता है।

प्राप्त अवक्षेप को संसाधित बहिस्रावी थिकेनर में गाढ़ा किया जाता है और अवशेष अवक्षेप को टेलिंग्स प्लान्ट में पम्प कर दिया जाता है जहाँ पर टेलिंग्स पोंड में जाने के पहले स्वच्छ टेलिंग्स में यह मिश्रित हो जाता है। यह आवश्यक होता है क्योंकि बेरियम-रेडियम सल्फेट अवक्षेप पूर्ण रूप से गाढ़ा हो जाता है और सिर्फ इसे ही पम्प करना मुश्किल होता है।

थिकेनर का बहाव, अर्थात् संसाधित बहिस्राव को पर्यावरण में छोड़ने के पहले सल्फ्यूरिक एसिड मिश्रित कर इसे सामान्य पी.एच. तक लाया जाता है।

इसका प्रभाव निम्नलिखित प्रक्षेपण में अल्पकाल के लिए देखा जा सकता है। वर्षाकाल में किसी भी रूप में घोल अधिक होता है तथा अपरिष्कृत तत्त्व निम्नतर रहता है।

भाटीन खान

भाटीन, जादुगोड़ा से करीब 3 कि.मी. उत्तर-पश्चिम में एक छोटी खान है। यहाँ पर परमाणु खनिज प्रभाग ने खनन गवेषण कार्य किया था तथा 1976 में खान बन्द होने के पहले 5 लेवलों का विकास कार्य हो चुका था। यूसिल ने

स खान का निर्माण कार्य अपने हाथ में लिया तथा 1986-87 ं इसे चालू कर दिया गया। इस खान से अयस्क का उत्पादन 250 टन प्रतिदिन होता है। भाटीन खान में उत्पादित सभी अयस्क ो डम्पर से ढोकर जादुगोड़ा मिल में संसाधन हेतु लाया जाता ।

ूरेनियम पृथक्करण संयन्त्र

सिंहभूम थ्रस्ट बेल्ट के कॉपर अयस्क में थोड़ी मात्रा में ूरेनियम खनिज उपलब्ध रहता है जिसे उपोत्पाद के रूप में ृथक किया जा सकता है। यूसिल ने कॉपर सान्द्रकों के समीप ाखा, सुरदा, तथा मुसाबनी में तीन यूरेनियम पृथक्करण संयन्त्र गाये हैं। कॉपर सान्द्र निकालने के उपरान्त टेलिंग्स को यूसिल ंयन्त्र में यूरेनियम पृथक करने हेतु भेज दिया जाता है। कॉपर लिंग्स में यूरेनियम की मात्रा 0.004 से 0.01% तक रहती । कॉपर टेलिंग्स को प्रभावित कर यूरेनियम खनिज को अलग केया जाता है। इन यूरेनियम खनिज सान्द्रों को तीनों प्लान्टों ा जादुगोड़ा सड़क के द्वारा ढोकर संसाधन हेतु लाया जाता । इन तीनों संयंत्रों का अंशदान करीब 150 टन यूरेनियम ूनिज सान्द्र प्रतिदिन का है।

पोत्पाद पृथक्करण संयन्त्र

जादुगोड़ा तथा भाटीन के यूरेनियम अयस्क में थोड़ी मात्रा ं कॉपर के सल्फाइड, खनिज निकेल तथा मोलिब्डेनाइट रहता । जिन्हें वर्तमान में उपोत्पाद के रूप में मिल परिसर में निर्मित पोत्पाद पृथक्करण संयन्त्र में पृथक किया जाता है। कॉपर ा सल्फाइड खनिज, निकेल तथा मोलिब्डेनम को प्रवर्तन ारा अलग किया जाता है। कॉपर तथा निकेल के संयुक्त ान्द्र को जिसमें करीब 20% कॉपर सल्फाइड रहता है, हेन्दुस्थान कॉपर लि., घाटशिला को पिघलाकर कॉपर धातु निकालने के लिए बेंच दिया जाता है। मोलिब्डेनम के सल्फाइड ान्द्र को फेरो-मोलिब्डेनाइट में परिवर्तित कर दिया जाता है जेसका इस्तेमाल अर्डिनेन्स फैक्टरी में किया जाता है। पायलट लान्ट पर जांच कर निकेल सल्फेट को तपाकर ाइड्रोमेटलर्जिकली निकाला जाता है।

मैगनेटाइट प्लान्ट

सिंहभूम के यूरेनियम अयस्क में करीब 3% मैगनेटाइट खनिज रहता है। मैगनेटाइट का पृथक्करण मिल परिसर में निर्मित मैगनेटाइट पृथक्करण संयन्त्र में किया जाता है। सल्फाइड खनिज तथा यूरेनियम को पृथक करने के उपरान्त, मैगनेटाइट को पृथक किया जाता है। मैगनेटाइट उत्पाद में 95% मैगनेटिक रहता है जिसका इस्तेमाल कोल वाशरी में किया जाता है।

नयी परियोजनाएं

नाभिकीय बिजली कार्यक्रम हेतु यूरेनियम की मांग को पूरा करने के उद्देश्य से यूसिल बिहार के सिंहभूम जिले में नरवापहाड़ तथा तुरामडीह में यूरेनियम खनन एवं संसाधन हेतु दो नयी परियोजनाओं के निर्माण कार्य में संलग्न है। नरवापहाड़ में एक भूमिगत खान निर्माणाधीन है। खान में प्रवेश हेतु एक (8°) डिकलाइन एक्सेस सिन्क किया जा रहा है।

तुरामडीह में एक भूमिगत खान तथा नरवापहाड़ एवं तुरामडीह से प्राप्त अयस्क के संसाधन हेतु एक मिल संस्थापित करने की योजना है। तुरामडीह खान में एक एक्सेस डिकलाइन (7°),एक कन्वेयर इन्कलाइन (11°) तथा एक वर्टिकल शाफ्ट सिन्क किया जा रहा है। नरवापहाड़ व तुरामडीह में खान निर्माण सम्बन्धी सभी कार्य भारत गोल्ड माइन्स, कोलार, एक सार्वजनिक खनन कम्पनी को दिया गया है जो इन सभी कार्यों का निष्पादन यूसिल द्वारा नियुक्त परामर्शदाता द्वारा तैयार की गयी अभिकल्पना के अनुसार कर रही है। इन दोनों परियोजनाओं हेतु डेवलपमेट कन्सलटेंट लि., कलकत्ता तथा राय टिन्टो जिन्क लि., इंग्लैड को परामर्श दाता के रूप में नियुक्त किया गया है। इन दोनों परियोजनाओं में 3,000 टन अयस्क प्रतिदिन उत्पादन करने की योजना है। सभी अयस्कों का संसाधन नयी मिल में किया जायेगा जो कि तुरामडीह में निर्माणाधीन है। इन दोनों परियोजनाओं के 1993-94 तक चालू हो जाने की आशा है।

□

नाभिकीय धात्विक ईंधन

ए. के. सिन्हा, वी. के. शाह एवं आर. विजयराघवन
परमाणु ईंधन प्रभाग, भाभा परमाणु अनुसंधान केन्द्र, बम्बई - 400 085

नाभिकीय ईंधन को रिएक्टर का हृदय कहा जाता है। ईंधन के रूप में सामान्यत: यूरेनियम (U - 235और U - 238)या प्लूटोनियम (Pu - 239)का प्रयोग होता है। प्रकृति में केवल U - 235ही उपलब्ध है। U - 233औरPu - 239का निर्माण रिएक्टर में क्रमश: Th - 232 और U - 238के न्यूट्रान किरणन से किया जाता है। नाभिकीय ईंधन का प्रयोग दो मुख्य रूपों में संभव है, धात्विक या सिरामिक। साधारणतया धात्विक ईंधन अनुसंधान रिएक्टरों में और सिरामिक (आक्साइड) ईंधन शक्ति रिएक्टरों में प्रयुक्त होते हैं। धात्विक ईंधन का निर्माण पिघलन - ढालन - रोलिंग विधि से और सिरामिक ईंधन का निर्माण चूर्णीकरण - संहनन - सिंटरन विधि से किया जाता है।

भाभा परमाणु अनुसंधान केंन्द्र में दो मुख्य अनुसंधान रिएक्टर हैं, साइरस (40 मे. वा. तापीय) और ध्रुव (100 मे.वा. तापीय)। इन रिएक्टरों में प्राकृतिक यूरेनियम (U - 238 जिसमें 0.7% ही U - 235होता है, शेष 99.3% U - 238)के धात्विक ईंधन का प्रयोग एल्युमिनियम आवरण के साथ होता है। इस प्रस्तुतिकरण में धात्विक यूरेनियम ईंधन के निर्माण एवं गुणता जाँच की विधि, इसके विशष गुणों तथा रिएक्टर में इसमें होने वाले परिवर्तनों की चर्चा की गयी है।

अनुसंधान रिएक्टर में धात्विक ईंधन

अनुसंधान रिएक्टर में धात्विक यूरेनियम ईंधन का ही प्रयोग किया जाता है, आक्साइड ईंधन का नहीं। इसका कारण धातु एवं आक्साइड के भौतिक गुणों पर एक दृष्टि डालने से स्पष्ट हो जाता है. -

	यूरेनियम धातु U	यूरेनियम ऑक्साइड (UO_2)
घनत्व (ग्राम प्रति घन सें.मी.)	19.12	10.96
प्रति घन सें.मी. ईंधन में उपलब्ध यूरेनियम धातु की मात्रा (ग्राम)	19.12	9.65
न्यूट्रान अभिवाह की उपलब्धता (प्रति वर्ग सें.मी. प्रति सेकण्ड)	उच्च	निम्न

न्यूट्रान अभिवाह की उपलब्धता धात्विक ईंधन में अधिक होने के कारण 'प्रयोग समय' सापेक्षतया बहुत कम हो जाता है जो अनुसंधान रिएक्टरों के निर्माण का मुख्य उद्देश्य होता है। शक्ति रिएक्टरों की तुलना में अनुसंधान रिएक्टरों में न्यूट्रान अभिवाह इस प्रकार है -

न्यूट्रान अभिवाह	साइरस	ध्रुव	शक्ति रिएक्टर (दाबित भारी पानी)
न्यूट्रान प्रतिवर्ग सें.मी. प्रति सेकण्ड	6.7×10^{13}	10×10^{14}	10^{12} —10^{13}

ईंधन आवरण की आवश्यकता

ईंधन को अभिकल्पित आकृति और यांत्रिक सामर्थ्य प्रदान करने के लिए एवं शीतलक को विखंडन - उत्पाद के संदूषण से रोकने के लिए ईंधन - आवरण की आवश्यकता होती है। आवरण के वांछनीय गुण इस प्रकार हैं :

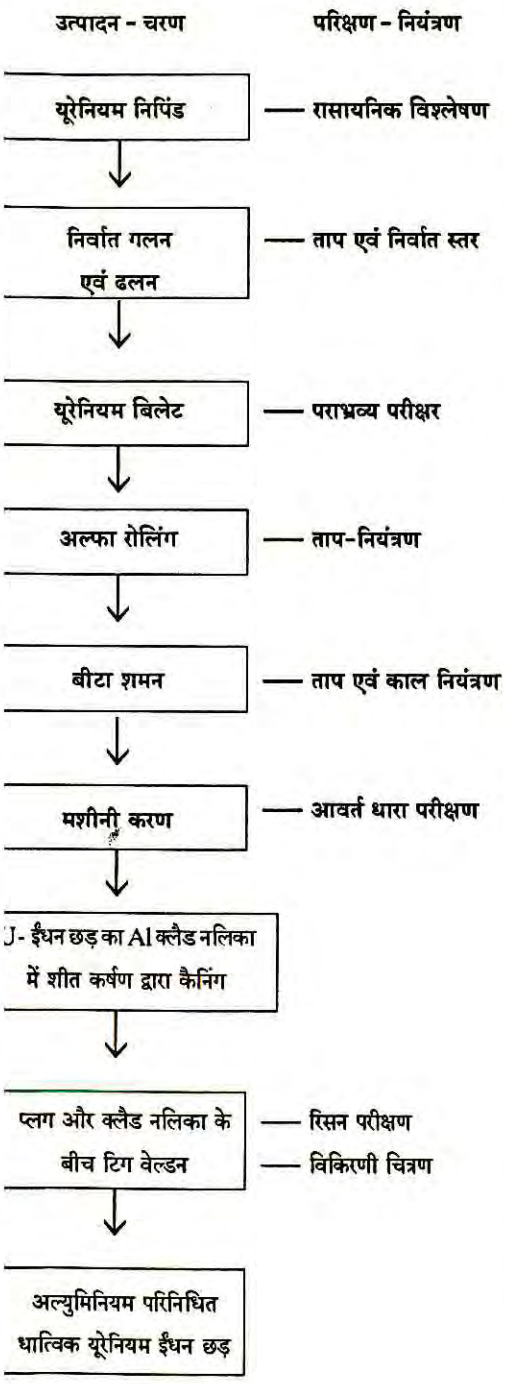
- अति न्यून न्यूट्रान अवशोषण
- ईंधन और शीतलक के साथ सुसंगति
- न्यूट्रान विकिरण के प्रति क्षति - प्रतिरोधकता

साइरस तथा ध्रुव रिएक्टरों में एल्युमिनियम धातु (99.50%) का ईंधन - आवरण के लिए उपयोग होता है।

धात्विक ईंधन का उत्पादन

दोनों अनुसंधान रिएक्टरों की ईंधन - छड़ों की उत्पादन तकनीकी में काफी समानता है। नाभिकीय शुद्धता के यूरेनियम निपिंड का उत्पादन यूरेनियम कारपोरेशन ऑफ इंडिया लिमिटेड, जादुगुड़ा, बिहार से प्राप्त अपरिष्कृत मैग्नीशियम डाइ - यूरेनेट के सांद्र से, अर्थात 'येलो केक' से घुलन, विलायक निष्कर्षण, अवक्षेपण,निस्तापन, अपचयन, हाइड्रोफ्लोरिनीकरण और मैग्नीशियमो - तापीय अपचयन के प्रक्रमों द्वारा किया जाता है। प्राप्त यूरेनियम निपिंड को निर्वात प्रेरण भट्टी में लगभग 1400° से. तापमान पर पिघलाया जाता है और इसे 'बिलेट' के रूप में ढाला जाता है। इसके बाद, ढाले हुए बिलेट को अल्फा क्षेत्र में तप्त रोलिंग द्वारा लम्बा बनाया जाता है। फिर इस लम्बी छड़ का बीटा ऊष्मा उपचार किया जाता है, जिससे इसके दाने अनियमित अभिविन्यास वाले हो जाते हैं। तदुपरांत, छड़ को सीधा करके उसकी सतह का मशीनीकरण करके,

धात्विक यूरेनियम ईंधन उत्पादन प्रवाह - चित्र



धुरी रहित घर्षण द्वारा सतह को काफी चिकना बनाया जाता है। तब अपस्नेहन तथा अम्लोपचार द्वारा छड़ की सफाई करके, उसके दोनों सिरों पर अल्युमिनियम प्लग लगा कर उसे अल्युमिनियम नलिका में निविष्ट करके उसका कर्षण करते हैं। तदनन्तर, उसके दोनों बाहरी सिरों पर दो और अल्युमिनियम छोर प्लग लगाकर उसे टिग - वेल्डन द्वारा संमुद्रित करते हैं। इस प्रकार, प्राकृतिक यूरेनियम धातु की एक नाभिकीय ईंधन - छड़ तैयार होती है।

साइरस ईंधन - छड़ की लम्बाई लगभग 3 मी., व्यास 38 मि.मी. एवं भार लगभग 58 कि.ग्रा. होता है। 40 मेगावाट तापीय शक्ति उत्पन्न करने के लिए रिएक्टर क्रोड में ऐसी 192 छड़ों का उपयोग किया जाता है। ध्रुव रिएक्टर में 7 ईंधन - तीलियों के गुच्छ का प्रयोग होता है। प्रत्येक ईंधन - तीली में 1207 मि.मी. व्यास और 3050मि.मी. लम्बाई की प्राकृतिक यूरेनियम धातु की छड़ होती है, जिस पर 1मि.मी. मोटाई की 6 पंखयुक्त अल्युमिनियम नलिका का आवरण होता है। 100 मेगावाट तापीय शक्ति उत्पन्न करने के लिए रिएक्टर के क्रोड में ऐसे 129 ईंधन - गुच्छ भरे जाते हैं।

ध्रुव ईंधन - समाहार बनाने की प्रक्रिया साइरस ईंधन समाहार की प्रक्रिया से कुछ भिन्न है। ध्रुव ईंधन - समाहार की प्रवाह नलिका में 5 पूर्ण वृत्ताकार अन्तरक नियत दूरी पर वेल्ड किये जाते हैं। फिर 7 ईंधन तीलियों को इन अन्तरकों में निविष्ट करते हैं। इसके बाद, तलीय टाइ पट्टिका में इन तीलियों के छोरों को टिग वेल्ड करते हैं। तदनन्तर, दो अल्युमिनियम उभारों को प्रवाह नलिका के दोनों सिरों पर वेल्ड किया जाता है। इस तरह, ध्रुव रिएक्टर का ईंधन - गुच्छ बनाया जाता है।

ईंधन उत्पादन के मुख्य चरणों को प्रवाह - चित्र में दर्शाया गया है।

गुणवत्ता - नियंत्रण

नाभिकीय ईंधन को रिएक्टर में ताप, दबाव, कंपन, संक्षारण, विकिरण आदि की विशिष्ट अवस्था से गुजरना पड़ता है। ईंधन या उसके आवरण में किसी भी प्रकार के दोष से रिएक्टर में एक गंभीर एवं महंगी स्थिति उत्पन्न हो सकती है। इस कारण, ईंधन के सभी घटकों तथा समाहारों में उच्च गुणवत्ता नितान्त आवश्यक है। ईंधन संविरचन के हर कदम पर कड़े गुणवत्ता - नियंत्रण नियमों का पालन किया जाता है। गुणवत्ता - नियंत्रण के लिए विविध प्रकार की विनाशी एवं अविनाशी परीक्षण विधियों का उपयोग किया जाता है।

ईंधन तथा अन्य घटकों की रासायनिक शुद्धता की जाँच

के लिए रासायनिक एवं भौतिक विश्लेषण विधियों का प्रयोग किया जाता है। कुछ अशुद्धियों की अधिकतम सीमा एक भाग प्रति दस लाख भाग एवं इससे भी कम होती है। पदार्थों की संरचनात्मक मजबूती, संक्षारण प्रतिरोध और सूक्ष्म संरचना की जाँच के लिए उपयुक्त विनाशी जाँच विधियों का प्रयोग किया जाता है। यह निश्चित करने के लिए कि ईंधन समाहारों में प्रयुक्त सभी घटक दोषमुक्त हैं, कई प्रकार की अविनाशी परीक्षण विधियों का प्रयोग करते हैं जिनमें मुख्य हैं, पराश्रव्य परीक्षण, भंवर धारा जाँच, विकिरणी चित्रण इत्यादि। रिएक्टर में ईंधन से अत्यंत रेडियो - सक्रिय पदार्थ उत्पन्न होते हैं। उन्हें शीतलक में जाने से रोकने के लिए ईंधन - आवरण तथा उनके सिरों पर किये गये वेल्ड रिसन - मुक्त होने अत्यंत आवश्यक हैं। इनकी शत - प्रतिशत जाँच के लिए ग्लायकाल रिसन - परीक्षण किया जाता है। सभी घटकों के विमीय एवं दृश्य परीक्षण का अपना एक अलग महत्व है, अत: उन्हें काफी सावधानी से किया जाता है। सभी घटकों एवं समाहारों के उपरोक्त परीक्षणों के परिणामों का समुचित अभिलेख रखा जाता है और इन अभिलेखों को नियमानुसार विविध अवधियों तक सुरक्षित रखा जाता है।

यूरेनियम ईंधन उत्पादन प्रवाह - चित्र के साथ ही विभिन्न चरणों पर प्रयुक्त गुणवत्ता - नियंत्रण की परीक्षण विधियों को दर्शाया गया है।

यूरेनियम धातु के विशेष गुण

यूरेनियम धातु के कुछ विशेष गुण इस प्रकार हैं-

(क) अपरूप	मणिभीय संरचना	तापमान सीमा
i -U	विषम लम्बाक्ष (Orthorhombic) जिसमें तीनों अक्ष a,b,c असमान लम्बाई के होते हैं	कक्ष तापमान से 661 ° से. तक
ii -U	द्विसम लम्बाक्ष (Tetragonal) जिसमें दो अक्ष एक ही लम्बाई के होते हैं, a, a, c	661 ° से. से 769 ° से. तक
iii -U	अंत: केन्द्रित घन (Body centered cubic) जिसमें तीनों अक्षों की लम्बाई समान होती है, अर्थात् a, a, a	769° से. से 1130° से. (गलनांक) तक

(ख) तापीय प्रसार: अल्फा यूरेनियम के तापीय प्रसार में विषम दैशिकता (anisotropy) पायी जाती है। गर्म व पर इसके मणिभ का a और c अक्ष बढ़ता है और b उ की लम्बाई घटती है।

(ग) संव्यूति (Texture) : यूरेनियम को अल्फा रोलिंग व पर इसके मणिभ का b - अक्ष (010) ईंधन - छड़ के उ के समानान्तर हो जाता है। इस तरह के मणिभीय अभिविन्य को संव्यूति कहते हैं। संव्यूति ईंधन - छड़ के रिएक्टर में व्यव को नियंत्रित करती है।

(घ) ताप - चक्रीय वृद्धि (Thermal Cyclic Growth) : जब अल्फा - बेलित यूरेनियम - छड़ को अल परास के दो तापमानों के बीच चक्रित (अथ गर्म - ठंडा - गर्म - ठंडा.) किया जाता है, तो इसमें नि परिवर्तन हो जाते हैं :

- लम्बाई में वृद्धि,
- सतह रुक्षता में वृद्धि,
- सूक्ष्म संरचना में सरंध्रता।

इन परिवर्तनों के कारण रिएक्टर में जैसे ही ईंधन - छ को ताप - चक्रित होना पड़ता है, ईंधन - आवरण फट सक है और शीतलक विखंडन - उत्पाद से दूषित हो सकता है।

ताप - चक्रीय वृद्धि का कारण यांत्रिक विरूपण के दौर उत्पन्न अधिमानित मणिभीय अभिविन्यास या संव्यूति है। इ वृद्धि को एक सहनीय सीमा तक सीमित रखने के लिए ईंधन - छ का बीटा ऊष्मा - उपचार किया जाता है।

धात्विक ईंधन - छड़ों में न्यूट्रान - विकिरण क्षति

रिएक्टर में न्यूट्रान - विकिरण के कारण पदार्थों के गु में अवांछनीय परिवर्तन होने लगते हैं। ये परिवर्तन या क्षी निम्न गुणों में परिलक्षित होती हैं -

- यांत्रिक गुणधर्म,
- संक्षारण प्रतिरोध,
- विमीय स्थायित्व।

धात्विक ईंधन में न्यूट्रान-विकिरण क्षति मुख्यत: विमी परिवर्तन के रूप में परिलक्षित होती है। विमीय परिवर्तन तीन प्रमुख कारण हैं; किरणन वृद्धि, किरणन सर्पण (Creep और सूजन। इन परिवर्तनों के कारण ईंधन - आवरण फट सकर है और शीतलक के प्रवाह में बाधा आसकती है। ईंधन निर्मा के दौरान किया गया बीटा ऊष्मा-उपचार किरणन वृद्धि औ किरणन सर्पण को एक नियत सीमा तक सीमित रखता है।

(पृष्ठ 56 पर)

मृत्तिका ईंधन

उमेशचंद्र गुप्त
वरिष्ठ प्रबंधक, ईंधन विकास
नाभिकीय ईंधन सम्मिश्र, हैदराबाद

यूरेनियम और प्लूटोनियम कई रूपों में नाभिकीय ईंधन का ार्य सम्पन्न करते हैं, साधारणत: धातु एवं मिश्रधातु के रूप या मृत्तिका यौगिक, जैसे कि आक्साइड और कार्बाइड रूप में। ये ईंधन परमाणु भट्ठी में उपयोग करने के लिए धिकतर छड़ों के आकार में बनाये जाते हैं। धातु ईंधन ढलाई रके और मृत्तिका ईंधन अधिकांशत: सिंटरित गुटकों के रूप तैयार किये जाते हैं अथवा इन्हें अविखंडनीय धातुओं या त्तिका आधार द्रव्य (मेट्रिक्स) में बिखराव करके बनाया जाता ।

यदि केवल भौतिकी पर ही विचार किया जाय, तो सर्वश्रेष्ठ ाभिकीय ईंधन शुद्ध यूरेनियम धातु ही है। शुद्ध धातु में कोई ाहरी परमाणु नहीं होते जो न्यूट्रानों का अपहरण करें अथवा ाभिकीय विखंडन में कोई रुकावट डालें। यद्यपि यूरेनियम ा धातु रूप में बहुत सी परमाणु भट्ठियों में उपयोग हो हा है, इसके दो बड़े दोष हैं। प्रथम तो यह कि इसकी रासायनिक क्रियाशीलता बहुत अधिक है जिसके कारण परमाणु भट्ठी ा शीतलक का चुनाव सीमित हो जाता है और खास तौर ा उच्च दाब जल का। दूसरा यह कि इसकी आरथोरोम्बिक क्रिस्टल संरचना एवं कला परिवर्तन के कारण इसका ऊष्मा नुचक्र और किरणन व्यवहार अच्छा नहीं है, फलत: ईंधन ा प्रचालन तापमान लगभग 600° से. और शीतलक का 00°से. के अंदर सीमित करना पड़ता है।

अब प्रश्न उठता है कि क्या इसका कोई विकल्प है? सका जो कोई भी विकल्प होगा उसकी रासायनिक क्रियाशीलता म होनी चाहिए और उच्च तापमान पर बेहतर स्थिरता होनी ाहिए। बेहतर उच्च तापमान स्थिरता के लिए क्यूबिक क्रिस्टल रचना श्रेयस्कर होगी जिससे कि किरणन क्षति एवं ऊष्मा नुचक्र की समस्याएं दूर हो सकें। इसके अतिरिक्त, उसका त्पादन भी सरल होना चाहिए। ये आवश्यकताएं धातु के ाजाय हमारा ध्यान मृत्तिका ईंधन की ओर आकर्षित करती । बहुत से मृत्तिका ईंधनों पर पर्याप्त अन्वेषण किया गया । उनमें से यूरेनियम डाई-आक्साइड UO_2 यूरेनियम ोनोकार्बाइड (UC), यूरेनियम नाइट्राइड, यूरेनियम सिलीसाइड, रेनियम सल्फाइड, यूरेनियम फासफाइड मुख्य हैं।

वस्तुत: UO_2 एक ऐसा मृत्तिका ईंधन है जो इन सभी आवश्यकताओं को पूरा करता है। हालांकि आजकल UO_2 ही सर्वाधिक प्रचलित ईंधन है, पर यह भी हर दृष्टिकोण से आदर्श ईंधन नहीं है। धातु की तुलना में इसका अनुगणित घनत्व 10.97ग्राम/घन सें० मी० एवं यूरेनियम घनत्व, अर्थात यूरेनियम परमाणु/घन सें. मी. लगभग आधा है। अन्य मृत्तिकाओं की तरह यह भंगुर है, इसकी ऊष्मा चालकता बहुत कम है। फिर भी ये कमियां कोई खास गंभीर नहीं हैं।न्यून यूरेनियम घनत्व की कमी को, यदि आवश्यकता पड़े, तोU-235 के समृद्धि करण द्वारा पूरा किया जा सकता है। भंगुरता, अल्पसामर्थ्य एवं न्यून ऊष्मा चालकता के कारण UO_2 मध्यम तापीय प्रतिबल से भी चटक जाता है। परंतु चूंकि इस्तेमाल में यह किसी धात्विक खोल के अंदर बंद रहता है, चटकन से कोई खास असुविधा नहीं होती है। न्यून ऊष्मा संवाहकता का भी निम्नलिखित कारणों से कोई खास प्रभाव नहीं पड़ता :-

1) UO_2 का गलनांक काफी ऊंचा है, अत: परमाणु भट्ठी को ऊँचे तापमान पर चलाया जा सकता है।यूरेनियम धातु के गलनांक1134°से. की तुलना में UO_2 का गलनांक 2800°से. है।
2) इसमें गलनांक तापमान तक कोई कला - परिवर्तन नहीं होता है।
3) किरणन व्यवहार अति उत्तम है। इसका एक मुख्य आकर्षण यह है कि यह प्लूटोनियम डाइआक्साइड और थोरीया (ThO_2) के सम्पूर्ण संयोजन के क्षेत्र में ठोस घोल बनाता है। इन सभी की घन फ्लोराइट रचना होती है।

धात्विक खोल वाले मृत्तिका ईंधन

यूरेनियम डाई आक्साइड : आज सर्वाधिक प्रचलित नाभिकीय ईंधन UO_2 ही है। इसका उपयोग सामान्य जल मंदित परमाणु भट्ठियों तथा अधिकांश भारी - पानी मंदित परमाणु भट्ठियों में हो रहा है। PuO_2 के साथ ठोस घोल के रूप में इसका उपयोग लगभग सभी द्रुत प्रजनन परमाणु भट्ठियों में हो रहा है।

यूरेनियम आक्साइड एक काले-भूरे रंग का पदार्थ है। यूरेनियम धातु के 18.5 और यूरेनियम कार्बाइड के 13.6 की तुलना में इसका एक्सरे घनत्व 10.97 ग्राम/घन सें.मी. है। इतना कम यूरेनियम घनत्व होने पर भी इसका उपयोग

नैसर्गिक रूप में भारी पानी मंदित कांडू परमाणु भट्टियों मे सफलता पूर्वक किया जा रहा है। कांडू परमाणु भट्टियों का प्रादुर्भाव केनेडा में हुआ था, पर अब वे संसार के कई देशों में जिनमें भारत भी एक है, प्रचलित हैं। भारत के परमाणु-ऊर्जा विकास का तो ये भट्ठियाँ मुख्य आधार हैं।

UO_2 का मुख्यत: घने, सिंटरित बेलनाकार गुटकों के रूप में उपयोग किया जाता है जिनका व्यास 1-2 सें.मी. होता है। साधारणत: इसका उत्पादन अतप्त दाब एवं सिंटरन विधि द्वारा किया जाता है।

यूरेनियम डाई आक्साइड का परमाणु भट्ठी में व्यवहार

जब UO_2 ईंधन परमाणु-भट्ठी में काम कर रहा होता है तो इसमें विखंडन अभिक्रिया से ताप उत्पन्न होता है और इसका तापमान बढ़ता है। ताप को शीतलक द्वारा लगातार निकालते रहते हैं। पर UO_2 की निम्न ऊष्मा संवाहकता के कारण इसकी गुटिकाओं में भारी तापमान प्रवणता उत्पन्न हो जाती है जिसके फलस्वरूप कई महत्त्वपूर्ण प्रभाव पड़ते हैं जो निम्न लिखित हैं:

1. UO_2 गुटिका अरीय दिशाओं (रेडियली) में चटक जाती है।
2. 1500° से. के ऊपर वाले क्षेत्रों में दानों का आकार बढ़ता है। दो प्रकार की आकार वृद्धि होती है। लगभग 1800° से. तक दानों की वृद्धि चहुँमुखी लगभग समान होती है। बढ़ते हुए दाने सिंटरन के छिद्रों को अपने साथ घसीट ले जाते हैं और उन्हें कण सीमान्त पर स्थापित कर देते हैं। लगभग 1800° से. से ऊपर दानों की वृद्धि एक-तरफा होती है जिसके परिणाम स्वरूप स्तम्भाकार लम्बे पतले दाने बनते हैं जो उच्च तापमान वाले केन्द्र की ओर अभिमुख होते हैं।
3. परमाणु-भट्ठी की शक्ति बढ़ने पर गुटिकाएं फूल जाती हैं, पर चूंकि ये चटक जाती हैं, इसलिए ठंडा होने पर पूरी तरह सिकुड़ती नहीं हैं।
4. चहुँमुखी समान वृद्धि वाले दानों के क्षेत्र में विखंडन गैस के परमाणु तेजी से कण-सीमांत की ओर विसरण करते हैं। वहां पर वे एक-दूसरे में समाहित होकर दीर्घाकार हो सकते हैं जिससे सम्पूर्ण ईंधन फूल सकता है।
5. कुछ विखंडन गैसें स्तंभाकार दानों वाले क्षेत्र में से होकर केन्द्र की ओर जाती हैं और वहाँ पर एकत्र हो जाती हैं। ठंडा होने के समय जब ईंधन चटकता है, तो ये केन्द्र से मुक्त हो जाती हैं।
6. ईंधन की बनावट में बड़े जटिल परिवर्तन होते हैं जो इसकी आरंभिक बनावट, अरीय स्थिति, समय, कार्य के क्रम, ज्वल इत्यादि पर निर्भर करते हैं।

इनमें से अधिकांश परिवर्तनों में खोल पर बलाघात कर की क्षमता होती है। इन सब बातों का ध्यान रखते हुए ईंधन-छड़ का रूपांकन (डिजाइन) किया जाता है। इस बात का ध्यान रखा जाता है कि केंद्र का तापमान इतना अधिक हो जाए कि ईंधन पिघलने लगे। गुटिका एवं खोल के बीच में थोड़ा रिक्त स्थान छोड़ दिया जाता है जिससे कि उन्हें न्यूनतम यांत्रिक टकराव हो और ईंधन उत्फूलन एवं विखंडन गैसों के लिए भी पर्याप्त स्थान उपलब्ध रहे। गुटिकाओं के अक्षीय विस्तार के लिए गुटिकाओं के सिरे को तवे के आकार का बना दिया जाता है।

इस ईंधन के साथ एक और बड़ी विकट समस्या है, खास तौर पर उन डिजाइनों में जिनमें उत्फूलन की समस्या दूर करने के लिए घनत्व को कम, लगभग 1.1 ग्रा./घ. सें. मी. रख जाता है। निम्न घनत्व, सिंटरन का तापमान एवं समय को कम करके प्राप्त किया जाता है जिससे सिंटरन पूर्ण नहीं होता इस कारण, परमाणु भट्ठी के अन्दर सिंटरन क्रिया फिर से आरंभ हो जाती है और ईंधन का घनत्व बढ़ जाता है। यह सिंटरन कुछ तो ताप जनित होता है और कुछ किरणन द्वारा, फलस्वरूप ईंधन गुटिकाएं सिकुड़ जाती हैं, उनकी लम्बाई कम हो जाती है, तथा गुटिका और नलिका के बीच का रिक्त स्थान बढ़ जाता है। कभी-कभी नलिका गुटिकाओं के बीच के स्थान में धँस जाती है।

अन्वेषण से पता चला है कि अत्यंत सूक्ष्म छिद्र जो कि पांच माइक्रान से कम होते हैं, वे ही अधिकतर विलीन होते हैं। बीस माइक्रान से बड़े विलीन नहीं होते। इसके अलावा, अब लोग उच्च ज्वलन के लिए ईंधन को कम घनत्व का बनाने से हिचकने लगे हैं और कम से कम 94-95 संगणित घनत्व को तरजीह देने लगे हैं। कुछ संस्थानों ने ऐसी विधियों का विकास किया है जिससे स्थायी घनत्व की प्राप्ति होती है या छिद्रों का आकार 20 माइक्रान से अधिक रखते है या फिर ये दोनों ही तरीके अपनाये हैं। कुछ लोगों का यह विचार भी है कि यदि छिद्र गोल हों, तो दो माइक्रान आकार वाले छिद्र भी स्थायी रहते हैं।

यूरेनियम-प्लूटोनियम आक्साइड (U, Pu) O_2

तापीय परमाणु भट्ठी के जले हुए ईंधन को पुन: संसाधन (रिप्रोसेस) करके जो प्लूटोनियम मिलता है, उसे फिर नैसर्गिक यूरेनियम या थोड़े समृद्ध यूरेनियम के साथ मिलाकर तापीय

माणु-भट्ठी में इस्तेमाल किया जा सकता है। इस O_2-PuO_2 के ठोस-घोल को (U,Pu) O_2 के रूप में खा जाता है और इसे 'मिश्र आक्साइड' का नाम दिया ा है। इसका परमाणु भट्ठी के अन्दर का व्यवहार कुछ O_2 जैसा ही है।

J,Pu) O_2 का द्रुत परमाणु - भट्टी में उपयोग

ईंधन के रूप में आजकल प्लूटोनियम का उपयोग द्रव धातु तलित द्रुत परमाणु - भट्टियों में हो रहा है। आरंभ की यौगिक द्रुत परमाणु - भट्टियों में समृद्ध यूरेनियम या नियम - प्लूटोनियम धातुओं के मिश्रण का ईंधन के रूप में ोग किया गया था। धात्विक ईंधन का उपयोग संभव होसका क्योंकि द्रव सोडियम शीतलक था, न कि जल, परन्तु त्विक ईंधन का किरणन व्यवहार भट्टियों के लिए अच्छा ं पाया गया। अब द्रव धातु शीतलित परमाणु भट्टियों लिए (U,Pu) O_2 मृत्तिका ईंधन भलीभांति प्रतिष्ठित हो ा है। इसका चयन इसलिए भी हुआ क्योंकि तापीय परमाणु ्टियों के ईंधन के रूप में UO_2सुपरिचित हो चुका था ा इसकी कार्यशीलता अच्छी पायी गयी थी। द्रुत परमाणु ट्टी में प्रयुक्त ईंधन में PuO_2का परिमाण प्राय: 10 से)% के लगभग होता है।

द्रुत परमाणु भट्टियों में ईंधन के तापमान तथा ज्वलन, ों ही अधिक होते हैं जिसके कारण अधिक ठोस विखंडन ाद उत्पन्न होता है तथा विखंडन के गैसीय बुलबुलों की द्व भी अधिक होती है जिससे ईंधन का उत्फूलन अधिक ा है, इसलिए द्रुत परमाणु भट्टियों के ईंधन को 90% कम अनुगणित घनत्व का निर्देश करते हैं ताकि 10% ा का उत्फूलन ईंधन के अन्दर ही समाहित हो जाए। निम्न त्व दो विधियों से प्राप्त किया जाता है, एक तो छिद्र बनाने ले पदार्थों को मिला कर, दूसरा चूर्ण कोCO_2के वातावरण 750 - 850°से. पर गर्म करके इसकी सक्रियता को कम के।

मेयाँ :- द्रुत परमाणु भट्टी के ईंधन के रूप U,Pu)O_2का स्थान उतना दृढ़ नहीं हैं जितना कि O_2और(U,Pu)O_2का तापीय भट्टियों के लिए है। इसका य कारण यह है कि (U,Pu)O_2के प्रत्येक अणु में दो क्सीजन के परमाणु हैं और भारी धातुओं (U+Pu)का त्व कम है जिससे प्रजनन की गति धीमी हो जाती है और न - काल अधिक हो जाता है (अर्थात प्लूटोनियम की मात्रा ी होने का समय)। ऐसा समझा जाता है कि दुगुन काल 25 - 40 वर्ष होगा। सैद्धान्तिक रूप से विचार करने पर प्रतीत होता है कि यदि (U,Pu)O_2के स्थान पर मिश्र कार्बाइड(U,Pu)Cया मिश्र - नाइट्राइड (U,Pu)Nईंधन का उपयोग करें, तो दुगुन -काल लगभग 10 वर्ष होगा।

यूरेनियम के कार्बाइड

व्यवहारिक उपयोग के लिए उपयुक्त यूरेनियम के दो कार्बाइड हैं। यूरेनियम और कार्बन का मोनोकार्बाइड UC एवं यूरेनियम डाई कार्बाइड UC_2 जिनका गलनांक क्रमश: 2780°से. और 2720°से. है। प्लूटोनियम और थोरियम के भी इसी प्रकार के यौगिक बनते हैं जो यूरेनियम के यौगिकों के साथ ठोस - विलयन बनाते हैं। व्यवहारिक दृष्टिकोण से तीव्र प्रजनन परमाणु भट्टियों के लिए UC अथवा (U,Pu)C ईंधन तथा उच्च तापमान वाली गैस शीतलित परमाणु भट्टियों के लिए UC_2 अथवा (U,Pu)C_2 ईंधन अच्छे माने जाते हैं। मूलत:, आक्साइड की तुलना में कार्बाइड के दो लाभ हैं -

1. कार्बाइड में भारी तत्व का घनत्व अधिक (यूरेनियम की मात्रा UC में 12.97 ग्रा./घ.सें.मी. तथा UO_2 में 9.65 ग्रा./घ.सें.मी.) होता है,
2. कार्बाइड की ऊष्मा संवाहकता आक्साइड से लगभग 10 गुना अधिक है। इन लाभों के कारण कार्बाइड में प्रजनन की संभावना अधिक हो जाती है तथा ईंधन में तापमान - प्रवणता कम होती है।

अब हम तीव्र प्रजनन परमाणु भट्टी के ईंधन के रूप में UCकी चर्चा करेंगे। UC के अस्तित्व का क्षेत्र ही बड़ा सूक्ष्म है। यदि यूरेनियम की मात्रा थोड़ी भी अधिक हुई, तो यूरेनियम धातु रूप में कण सीमांत पर प्रकट होने लगता है जिसके कारण उत्फूलन तथा ईंधन एवं स्टेनलेस स्टील के आवरण के बीच अभिक्रिया पर असर आता है और ईंधन की कार्यक्षमता पर कुप्रभाव पड़ता है। दूसरी ओर, यदि कार्बन की मात्रा अधिक होजाए, तो UC_2 अथवा U_2C_3 बनने लगते हैं। UC_2 खोल के कार्बनीकरण को बढ़ाता है, परU_2C_3का कुप्रभाव इससे कम होता है।

नाइट्राइड ईंधन, UN एवं (U, Pu)N

यूरेनियम के नाइट्राइड इसके कार्बाइडों से काफी मिलते जुलते हैं। यूरेनियम नाइट्राइड में यूरेनियम का घनत्व यूरेनियम कार्बाइड से अधिक होता है, इसलिए इसकी प्रजनन क्षमता बेहतर होनी चाहिए, परन्तु N^{16} का अवशोषण परिच्छेद अधिक होने से यह लाभ कम ही मिल पाता है। N^{15} का अवशोषण परिच्छेद कम है, और यदि इसे अलग कर लिया जाए, तो

नाइट्राइड की प्रजनन श्रेष्ठता बनी रह सकती है, किन्तु पृथक्करण प्रक्रिया बड़ी खर्चीली है और परमाणु भट्टी में UC एवं UN, दोनों की कार्यशीलता लगभग समान है, अत: नाइट्राइड की कुछ विशेष श्रेष्ठता नहीं दिखायी पड़ती।

UN को सामान्यत: यूरेनियम धातु का लगभग 1000° से. पर नाइट्राइडीकरण करके तैयार किया जाता है। सिंटरन विधि से UN के उच्च घनत्व की प्राप्ति अति कठिन होती है। इसके गढ़न की सबसे अच्छी विधि है, तप्त आइसोस्टोटिक दाब के पश्चात, नाइट्रोजन के वातावरण में 2000°से. पर सिंटरन।

कार्बाइडों की तुलना में UN एवं (U,Pu) N के किरणन व्यवहार पर कम अन्वेषण हुआ है। कार्बाइडों की तरह ही नाइट्राइडों में उत्फूलन और विखंडन - गैस की मुक्ति ईंधन के केंद्र के तापमान पर निर्भर करती है। कुछ ऐसा आभास मिला है कि जिस तापमान के आसपास ये क्रियाएं कुछ माने रखती हैं, वह कार्बाइड के तापमान से अधिक है। उच्च ज्वलन तक (U, Pu) N का किरणन परीक्षण अमेरिका में चल रहा है। ऐसा पता लगा है कि आक्सीजन अधिक होने पर निर्धारित 50 लक्षांस के मुकाबले 300-400 लक्षांश पर उत्फूलन अधिक होता है। इससे यह आभास होता है कि इन ईंधनों में आक्सीजन की मात्रा तथा गढ़न के दौरान कला-परिवर्तन पर काफी अंकुश रखना पड़ेगा जो कि अति कठिन कार्य है।

UN ईंधन का (प्लूटोनियम के बजाय U-235 में समृद्ध) उच्च तापमान की मिश्र धातु वाली, जैसे कि W-Re खोल के साथ, अंतरिक्ष स्थित शक्ति उत्पादक परमाणु भट्टियों (स्पेस पावर रिऐक्टर) में उपयोग की संभावनाएं हैं।

सिलीसाइड ईंधन U_3Si

U_3Si यूरेनियम एवं सिलिकान धातुओं के संश्लेषण द्वारा तैयार किया जाता है। U_3Si छड़ों की ढलाई की जा सकती है। ढलाई के पश्चात्, छड़ों को खराद कर खोल में लगा सकते हैं, या दूसरी विधि है कि ईंधन का खोल के साथ सह - बहिर्कर्षण जिसमें ईंधन छड़ खोल के साथ संकलित (इंटिग्रेटेड) रूप में तैयार होती है।

केनेडा में इस ईंधन के गढ़न की विधियों, गुणों के मापन एवं किरणन व्यवहार आदि विषयों पर काफी अनुसंधान किया गया है। इरादा यह रहा है कि UO_2 के स्थान पर इसका प्रयोग उनके भारी पानी मंदित शक्ति उत्पादक परमाणु भट्टियों में किया जा सके। इस प्रयोजन के लिए UC की अपेक्षा U_3Si का संक्षारण काफी कम है। इसका मुख्य आकर्षण उत्पादन पर कम खर्च और UO_2 के मुकाबले अधिक यूरेनियम घनत है। परन्तु U_3Siको 930°से. से कम तापमान पर चलान आवश्यक है तथा इसमें कम ज्वलन पर भी काफी उत्फूल पाया गया है।

अति समृद्ध ईंधन वाली संकल्पनाएं

कुछ उच्च अभिवाह वाली तथा अनुसंधान परमाणु भट्टिय में अतिसमृद्ध ईंधन की जिसमें U^{238}जैसे उर्वर या अन्य को भी न्यूट्रानों का अवशोषण करने वाले पदार्थ न हों, आवश्यकत होती है परन्तु केवल ठोस U^{235}ईंधन का प्रयोग करने र अत्यधिक ऊंचे शक्ति - घनत्व की प्राप्ति होगी जिसे संभालन कठिन होगा, इसलिए इसका समाधान यह किया गय किU^{235}को किसी अविखंडनीय पदार्थ में बिखेर दिया जाए चाहे कणों के रूप में या घोल के रूप में। जब U^{235}क कणों के रूप में किसी अविखंडनीय पदार्थ में बिखेरा जात है, तो इसे बिखरित ईंधन कहते हैं। ये दो प्रकार के होत हैं, धातुमृत (सर्मेट) और संपूर्ण - मृत्तिका। इनका वर्णन आग किया गया है।

दूसरे विकल्प मेंU^{235}कोUO_2के रूप में किसी निष्क्रिय तनुकारक में घोलकर एक समांग मृत्तिका ईंधन बनाया जात है। सीरियम आक्साइड, (CeO_2)जिर्कोनिया (ZrO_2) आदि तनुकारकों का अध्ययन और प्रयोग किया गया है। इस प्रकार के एक ईंधन का उपयोग जिसका खोल कैल्शियम आक्साइड द्वारा स्थाईकृत जिर्कोनिया(CaO - stabilised ZrO_2) का बना हुआ है, अमेरिका के उच्च अभिवाह की पल्स भट्टी में जिसका नाम पावर बर्स्ट फैसिलिटी है,किया गया है।

धातुमृत (सर्मेट)

धातु एवं मृत्तिका ईंधन, दोनों के अपने अलग - अलग विशिष्ट लाभ और दोष हैं। हमने पहले देखा कि यद्यपि UO_2लगभग सभी दृष्टिकोणों से उत्तम है, फिर भी इसकी ऊष्मा - संवाहकता काफी कम है। यदि इसमें कोई धातु मिला दी जाए, तो इस कमी के प्रभाव को कम किया जा सकता है। धातु एवं मृत्तिका ईंधन, दोनों को मिलाने से दोनों के लाभ प्राप्त होते हैं। मृत्तिका ईंधन कणों का धातु के आधार द्रव्य में बिखराव को धातुमृत (सर्मेट) कहते हैं। इसका सबसे जाना पहचाना उदाहरण है, UO_2स्टेनलेस स्टील के आधार द्रव्य में। धातुमृत अधिक खर्चीले होते हैं, अत: इनका उपयोग व्यापारिक के बजाय मुख्यत: सैनिक परमाणु भट्ठियों में हुआ है। व्यवहार में संतोषजनक सर्मेट ईंधन में 40 आयतन प्रतिशत से अधिक ईंधन का समावेश कठिन होता है जिसके कारण

न की प्रजनन क्षमता बहुत कम होती है क्योंकि इस्पात अधिकता न्यूट्रानों का अवशोषण कर लेती है।

र्ण मृत्तिका ईंधन

जब तापीय परमाणु भट्ठी के मृत्तिका ईंधन के लिए किसी त्विक खोल का इस्तेमाल किया जाता है, तो ये खोल न परिच्छेद वाली धातुओं, जैसे मैग्नीशियम अल्युमिनियम जिरकोनियम के बनाये जाते हैं। इन धातुओं के इस्तेमाल कारण ईंधन के प्रचालन तापमान पर एक अंकुश - सा लग ता है, जिससे यह 300 - 500°से. तक में सीमित हो ता है। यदि शीतलक का तापमान 500°से. से ऊपर बढ़ाना तो अधिक परिच्छेद वाली मिश्र धातुओं का प्रयोग करना गा जिनकी कार्यदक्षता कम होती है। इसका एक विकल्प है कि धातु की बजाए, मृत्तिका का प्रयोग खोल एवं चनात्मक पदार्थ के रूप में किया जाए। धातुमृत का उपयोग पहले देख चुके हैं। इसका एक विकल्प यह भी है कि खंडनीय मृत्तिका ईंधन पदार्थ को किसी अधिक संवाहकता ले मृत्तिका आधार द्रव्य में बिखेरा जाय जो विखंडन उत्पादों अपने में रोक सके, और इस प्रकार खोल का कार्य कर ।यदि यह आधार - द्रव्य मंदक का कार्य भी संपन्न कर , तो और भी उत्तम होगा। इससे भट्ठी के क्रोड में और कम बाहरी पदार्थों की आवश्यकता होगी। जिन पदार्थों मृत्तिका मंदकों की दृष्टि से विचार किया गया है, वे हैं लियम आक्साइड (BeO) और ग्रैफाइट। इन दोनों तथा अन्य सम्पूर्ण मृत्तिका ईंधनों पर आगे विचार किया गया

eO पर आधारित ईंधन

BeO एक अति उत्तम मंदक है। इसका उच्च घनत्व में न अतप्त दाब एवं मध्यम तापमान (1300-1600° से.) सिंटरन करके किया जा सकता है। 2200° से. तक इसका स्थायी रहता है और यह UO_2, ThO_2 एवं PuO_2 2000° से. से ऊपर तक सानुकूल है। ये आक्साइड Beo साथ न तो ठोस घोल बनाते हैं, न ही कोई यौगिक, अतः का बिखराव Beo के आधार - द्रव्य में इच्छित आकार आसानी से किया जा सकता है। Beo सभी गैसीय शीतलकों भी सानुकूल है जिनमें वायु एवं आक्सीजन भी शामिल शर्त यह है कि ये शुष्क हों।

सम्पूर्ण मृत्तिका ईंधन के लिए Beo ही एक ऐसा आक्साइड जिस पर आधार-द्रव्य के रूप में गंभीरता से विचार किया सकता है। यह न केवल एक अकेला आक्साइड मंदक है, वरन् सभी आक्साइडों में इसकी ऊष्मा-संवाहकता सर्वाधिक है और इसलिए यह अत्यधिक तापमान प्रवणता को बिना चटके झेल सकता है। इसका एक और लाभ है कि ईंधन का व्यास बड़ा रखा जा सकता है।

उच्च तापमान गैस शीतलित परमाणु भट्टी, परमाणु-भट्टी चालित वायुयान, सामुद्रिक गैस शीतलित परमाणु-भट्टी, अमेरिकन सेना के लिए मोबाइल गैस शीतलित भट्टी में उपयोग के लिए $BeO-UO_2$ और $BeO-(U,Th)O_2$ ईंधनों का अध्ययन किया गया है।

हीलियम उत्पादन के कारण इसका किरणन व्यवहार अच्छा नहीं है और इस ईंधन का रासायनिक पुनर्संसाधन अत्यंत खर्चीला है। इन कारणों से तथा ग्रैफाइट ईंधन के उत्तम कार्य-क्षमता के कारण इस ईंधन में दिलचस्पी कम हो गयी।

लेप लगे कण-ईंधनों (कोटेड पार्टिकल ईंधन) का विकास

BeO ईंधन के विकास के साथ ही ईंधन कणों पर बहुत से अन्य मृत्तिका पदार्थों का अभेद्य (इम्परवियस) लेप लगाने की विधियों के विकास पर कार्य किये गये। इनमें मुख्य हैं, Al_2O_3, MgO, ZrO_2, SiC, NbC एवं पाइरोलिटिक कार्बन । ईंधन कणों पर इन पदार्थों का लेप वाष्प निक्षेपण (वेपर डिपाजिशन) विधि द्वारा विकसित हुआ। तत्पश्चात, इनके किरणन व्यवहार पर प्रयोग किये गये और ऐसा पाया गया कि यदि लेप न चटकें, तो उन की विखंडन उत्पाद धारण-क्षमता उत्तम है।

जहाँ तक Beo का प्रश्न है, लेपन विधि का इसके लिए कोई महत्व नहीं है क्योंकि इसके आधार-द्रव्य को सामान्य सिंटरन विधि द्वारा अभेद्य बनाया जा सकता है। इसमें अभेद्य लेप लगा कर फिर इसी आधार-द्रव्य में बिखेरने का कोई अर्थ नहीं रह जाता। सानुकूलता की दृष्टि से UO_2 पर कार्बन एवं अन्य आक्साइडों का लेप करके उनका BeO में बिखराव अच्छा नहीं सिद्ध हुआ।

पाइरोलिटिक कार्बन तथा सिलिकन कार्बाइड का ईंधन कणों पर लेप अत्यंत सफल सिद्ध हुआ और इससे उच्च तापमान गैस - शीतलित भट्टियों के ईंधन का विकास करने में सहायता मिली, किन्तु यह ईंधन कार्बन आधार-द्रव्य में बना, न कि Beo में। उच्च तापमान गैस शीतलित भट्टियों के लेपित कणों वाले ईंधन में कई सुधार हुए और उन सबमें सबसे महत्त्वपूर्ण सिलिकन कार्बाइड के प्रयोग से हुआ। सिलिकन कार्बाइड की एक तह PyC की आन्तरिक एवं बाह्य तहों के बीच लगायी गयी। SiC की तह को लगाने का मुख्य उद्देश्य Cs,

Sr और Ba जैसे ठोस विखंडन उत्पादों को रोक रखना है।

सम्पूर्ण मृत्तिका लेपितकण ईंधन जो ग्रेफाइट में बिखराया गया है, उसका उपयोग अमेरिका की 330 MW(e) फोर्ट सेंट व्रेन भट्टी तथा कई अन्य भट्टियों में हो रहा है। इन सभी भट्टियों में शीतलक के रूप में हीलियम का प्रयोग 750° से. पर किया जा रहा है तथा ईंधन का चरम् तापमान 1000-1300° से. के बीच है।

सिलिकन कार्बाइड के खोल का ईंधन

एक और नये उन्नत सम्पूर्ण मृत्तिका ईंधन का विकास उन्नत गैस शीतलित रिएक्टर के लिए हुआ है। यह ईंधन सिलिकन कार्बाइड आधार - द्रव्य में लेपित कणों पर आधारित है। इसके मुख्य लाभ निम्नलिखित हैं :

1) स्टेनलेस स्टील आच्छादित UO_2 के मुकाबले अधिक सतही तापमान (1200°) से. की क्षमता,

2) अत्यंत कम न्यूट्रान अवशोषण परिच्छेद,

3) अधिक चैनल शक्ति,

4) अधिक गैस शीतलक दाब,

5) अधिक ज्वलन।

किरणन के परीक्षणों से लगता है कि यह ईंधन अति उत्तम है, पर अभी तक बड़े पैमाने पर इसका प्रयोग नहीं हुआ है।

उपसंहार

इस लेख में प्रमुख मृत्तिका नाभिकीय ईंधनों के आधुनिक उपयोग एवं भविष्य की संभावनाओं का उल्लेख किया गया है। आजकल आक्साइड ईंधन ही सर्वाधिक प्रचलित है। इसका उपयोग बड़ी मात्रा में शक्ति उत्पादक परमाणु भट्टियों में हो रहा है। यूरेनियम आक्साइड, प्लूटोनियम आक्साइड और थोरियम आक्साइड के विभिन्न सम्मिश्रण और खास तौर पर (U, Pu) O_2 का उपयोग द्रुत प्रजनन परमाणु भट्टियों की प्रगति के साथ बढ़ता ही जाएगा। कार्बाइड और नाइट्राइड ईंधनों के उपयोग की भविष्य में द्रव धातु शीतलित परमाणु भट्टियों में संभावना है।

ग्रेफाइट और पाइरोलिटिक कार्बन पर आधारित संपूर्ण मृत्तिका ईंधन का उपयोग बढ़ता जाएगा जैसे-जैसे उच्च तापमान गैस शीतलित भट्टियों का प्रयोग बढ़ेगा। यूरेनियम सिलीसाइड, फास्फाइड और सल्फाइड तथा BeO खोल वाले बिखेरे ईंधन, सिलिकन कार्बाइड खोलवाले बिखेरे ईंधनों के उपयोग की संभावना विशिष्ट प्रयोजन वाली परमाणु भट्टियों में होगी।

□

(पृष्ठ 50 का शेष भाग)

ईंधन सूजन की समस्या उच्च उपभोग (बर्न-अप) पर उत्प होती है और इसे सीमित रखने के लिए 'समंजित यूरेनिय का प्रयोग किया जाता है।

अल्युमिनियम - आवरित धात्विक यूरेनियम ईंधन के सुरक्षि किरणन के लिए तापमान सीमाएँ इस प्रकार हैं.—

प्राचल	अनुमानित अधिकतम तापमान (° से.)	तापमान सीमा (° से)	तापमान-सीमा के कारण
i. ईंधन केंद्र	415	668	ईंधन के विमीय स्थायित्व के लिए $\alpha\ U \xrightarrow[668°]{} \beta$-U
ii. ईंधन -आवरण परिसीमा	148	225	U और Al के बीच अवांछनीय रासायनिक अभ्रिक्रिया (UAl_3) रोकने के लिए
iii. आवरण-शीतलक परिसीमा	137	200	Al आवरण को D_2C के अत्यधिक संक्षारण से बचाने के लिए
iv. शीतलक	91	101	D_2O शीतलक का स्थूल क्वथन रोकने के लिए

उपसंहार

नाभिकीय ईंधन के उत्पादन की तकनीकी अत्यंत जटिल एवं चुनौतीपूर्ण कार्य है और संसार के कुछ इने गिने देश ही इस क्षेत्र में प्रवीण हैं। यह हमारे लिए बड़े गर्व की बात है कि हमारे देश ने इस महत्त्वपूर्ण क्षेत्र में आत्म निर्भरता प्राप्त कर ली है। कड़े गुणवत्ता नियंत्रण नियमों के पालन की वजह से हमारे देश में उत्पादित ईंधन की गुणवत्ता का स्तर अन्य देशों में उत्पादित ईंधन के समकक्ष रहा है। साइरस के लिए वर्ष 1959 से एवं ध्रुव रिएक्टर के लिए वर्ष 1985 से धात्विक यूरेनियम ईंधन का निर्माण भाभा परमाणु अनुसंधान केन्द्र के परमाणु ईंधन प्रभाग द्वारा सफलता पूर्वक किया जा रहा है। इन दोनों ही रिएक्टरों में ईंधन का विकिरण - व्यवहार बहुत ही संतोषजनक रहा है।

□

ावरण एवं संरचनात्मक पदार्थ

एस. एल. मनन
पदार्थ विकास प्रभाग,
इंदिरा गांधी परमाणु अनुसंधान केंद्र, कलपाक्कम - 603 102

र्ताकार से संपूर्ण वार्ता प्राप्त न होने के कारण संगोष्ठी र्व प्राप्त सारांश को ही प्रस्तुत किया जा रहा है। - सं.)

सारांश

इस वार्ता में तापीय एवं द्रुत प्रजनक रिएक्टर अनुप्रयोगों आवरण (क्लैडिंग) एवं संरचनात्मक पदार्थों की आवश्यक-ों की चर्चा की गयी है। इन रिएक्टरों की न्यूट्रान व्यवस्था न्यूट्रान किरणन प्रेरित पदार्थों के गुणों में अवक्रमण जैसे र्भूत वैशिष्ट्य के कारण पदार्थ की शुद्धता का कठोर नियंत्रण श्यक होता है जिससे प्रत्याशी पदार्थों को बहुत - ही कठिन स्थितियों में कार्य करना होता है। उच्च तापमानों, प्रतिबलों संक्षारक वातावरणों के अतिरिक्त, तीव्र विकिरणों का भी पदार्थों को सामना करना पड़ता है। विकिरण क्षति इनके ेक, यांत्रिक और रासायनिक गुणों में उग्र परिवर्तन ला ती है, अत: यह आवश्यक है कि रिएक्टर पदार्थों में ऐसी ियों के प्रति समुचित प्रतिरोध हो। चुने गये आवरण पदार्थ तथा शीतलक के साथ सुसंगत हों, प्रचालन परिस्थितियों यांत्रिकीय तथा तापीय रूप से स्थायी रहें, विकिरण क्षति ति अवरोधक हों तथा उनका न्यूट्रान अवशोषण अनुप्रस्थ च्छेद कम होना चाहिए। पदार्थों का चयन रिएक्टर के प्रकार प्रकार्य, उसकी शक्ति - उत्पादन दर, प्रचालन का तापमान, ोग किये गये ईंधन एवं शीतलक की प्रकृति तथा न्यूट्रान क्रम जैसे कई प्राचलों पर निर्भर करता है।

हलके पानी तथा भारी पानी अवमंदित एवं शीतलित रिएक्टरों धन आवरण अनुप्रयोगों हेतु जिरकोनियम मिश्रधातुओं का ास किया गया है। भारी पानी रिएक्टरों में जिरकोनियम धातुओं का प्रयोग दाबसह नलिकाओं और कैलेन्ड्रिया काओं के लिए भी किया गया है। इस वार्ता में तापीय टरों के ईंधन तत्वों के कार्य को प्रभावित करनेवाले कारकों चर्चा, उनके प्रतिकारी उपायों के साथ - साथ की गयी जिरकलाय की ईंधन नलिकाओं में उपयुक्त गठन लाकर कोनियम मिश्रधातुओं के हाइड्राइडन के दुष्प्रभावों को न्यूनतम ा जा सकता है। जिरकोनियम मिश्रधातु के घटकों की ारण क्षेत्र में विमीय स्थिरता भी महत्वपूर्ण है और किरणन ा के प्रति अवरोध को बढ़ाने के लिए जिरकोनियम-बियम मिश्रधातु विकसित की गयी है। ईंधन नलिकाओं आन्तरिक सतह पर ग्रेफाइट की परत चढ़ा देने से यह गया है कि ईंधन और आवरण के बीच परस्पर क्रिया हो जाती है।

द्रुत रिएक्टरों में अनुप्रयोगों के लिए चुने गये आवरण और संरचनात्मक पदार्थों में प्रचालन परिस्थितियों के अन्तर्गत जिनमें सर्पण तथा निम्न चक्र श्रांति की प्रधान भूमिका होती है, पर्याप्त दृढ़ता होनी चाहिए। इसके अतिरिक्त, द्रव सोडियम शीतलक के साथ ये पदार्थ सुसंगत होने चाहिए। आजकल प्रचालित एवं भविष्य के लिए योजित द्रुत प्रजनक रिएक्टरों हेतु आस्टेनाइटी स्टेनलेस इस्पात प्रमुख संरचनात्मक एवं क्रोड घटक पदार्थ है। क्रोड पदार्थों को उच्च ऊर्जा के न्यूट्रान किरणन की उच्च मात्रा का सामना करना पड़ता है जिससे रिक्ति सूजन, किरणन सर्पण और हीलियम भंगुरता जैसी अनोखी पदार्थ - समस्याएं पैदा हो जाती हैं। द्रुत प्रजनक रिएक्टरों हेतु आवरण और उप - समुच्चयों के लिए 316 स्टेनलेस इस्पात तथा उसके संशोधित प्रकारों को संसार - भर में चुना गया है। इन घटकों के लिए रिक्ति सूजन और किरणन सर्पण के प्रति बेहतर अवरोध के आधार पर आदिप्ररूप (प्रोटोटाइप) द्रुत प्रजनक रिएक्टरों हेतु 20% शीत कर्म (कोल्ड वर्क) सहित टाइटेनियम - संशोधित 316 स्टेनलेस इस्पात (D9)का चुनाव किया गया है। ईंधन चक्र की लागत को कम करने के लिए ईंधन का अधिक भोग (बर्न अप) प्राप्त करना एक प्रबल प्रोत्साहन है। इसको ध्यान में रखकर कई पर्यायी पदार्थों की जांच की गयी, और यह पाया गया कि किरणन - प्रेरित रिक्ति सूजन, किरणन सर्पण तथा हीलियम - भंगुरता के प्रति उत्तम अवरोध के कारण लपेटन अनुप्रयोगों के लिए 10 - 12% क्रोमियम युक्त फेरेटिक/मार्टेन्सिटिक इस्पात आकर्षक हैं।

पानी के साथ सोडियम की अत्यधिक अभिक्रियता के कारण द्रुत प्रजनक रिएक्टर तंत्रों में भाप जनित्र एक मूल घटक बन जाता है। भाप जनित्र हेतु चुने गये पदार्थों को कार्बन के सोडियम में क्षय के जिसके परिणाम स्वरूप सामर्थ्य में कमी आ जाती है, अवरोध के साथ - साथ उच्च तापमान पर कार्य, क्लोराइड और कास्टिक प्रतिबल संक्षारण चटकन के प्रति अवरोध के अतिरिक्त, मन्द रिसावों में जिनसे सोडियम - पानी अभिक्रिया हो सकती है, छीजन के प्रति अवरोध की आवश्यकता पूरी करनी चाहिए। इन आवश्यकताओं के आधार पर आदिप्ररूप द्रुत प्रजनक रिएक्टर के बाष्पित्र एवं अतितापित्र भागों के लिए 2.25Cr - 1Moतथा 9Cr - 1Moइस्पातों का चयन किया गया है। इस वार्ता में इन पदार्थों के बारे में किये जा रहे स्वदेशी विकास कार्यों की संक्षेप में चर्चा की गयी है।

□

भारी पानी की उपयोगिता एवं उत्पादन

सुरेन्द्र श
कार्यकारी निदेशक (सल्फाइड ग्रूप
स्वयं. प्र. श्रीवास्तव, परियोजना अभियंता, ।
विनोद खिलनांनी, वैज्ञानिक अधिका
भारी पानी मंडल, विक्रम भवन, अणुशक्ति नगर, बम

भारी पानी, आक्सीजन एवं ड्यूटीरियम का एक यौगिक है। ड्यूटीरियम हायड्रोजन का एक समस्थानिक है जिसकी द्रव्यमान संख्या दो है। ड्यूटीरियम की खोज वर्ष 1931 में यूरे तथा उनके सहयोगियों द्वारा कोलंबिया विश्वविद्यालय में की गयी थी।

हायड्रोजन युक्त यौगिकों, जैसे पानी, हायड्रोजन गैस, मीथेन इत्यादि में ड्यूटीरियम प्राकृतिक रूप से उपस्थित रहता है। इन सब यौगिकों में ड्यूटीरियम की उपस्थिति लगभग 100 से 150 भाग तक प्रति 10 लाख भाग होती है। चूंकि ड्यूटीरियम समस्थानिक प्राकृतिक रूप से अत्यल्प मात्रा में उपलब्ध है, जबकि इसकी उपयोगिता 99.9% सांद्रण की है, अत: इसका उत्पादन अत्यंत कठिन और खर्चीला है। प्रकृति में जल प्रचुरता से उपलब्ध होने के कारण ड्यूटीरियम के उत्पादन के लिए यह एक प्रमुख स्रोत है। भारी पानी और सामान्य पानी के भौतिक गुणों में बहुत कम अंतर होता है। भौतिक गुणों में इस अंतर के आधार पर ही भारी पानी बनाया जाता है। सामान्य पानी तथा भारी पानी के भौतिक गुणों को सारणी-1 में दिया गया है।

सारणी 1.
सामान्य पानी एवं भारी पानी के भौतिक गुण

	सामान्य पानी	भारी पानी
अणुभार	18.016	20.026
क्थनांक	100° से.	101.42° से.
विशिष्ट गुरुत्व	0.998	1.1059
गलनांक	0° से.	3.82° से.
वाष्पन ऊष्मा	9700 कैलोरी/मोल	9960 कैलोरी/मोल

ड्यूटीरियम प्रथक्करण की प्रथम प्रक्रिया द्रव हायड्रोजन प्रभाजी वाष्पन द्वारा की गयी थी। तत्पश्चात, जी. एन. लु द्वारा कैलिफोर्निया विश्वविद्याल में वर्ष 1932 में जल बड़ी मात्रा को विद्युत विश्लेषण द्वारा सांद्रित करके भारी पा बनाया गया। वर्ष 1940 तक भारी पानी के उत्पादन विषय में वैज्ञानिकों में काफी रुचि जागृत हो चुकी थी।

यहां यह उल्लेखनीय है कि भारी पानी के उत्पादन का कार्यक्र 1940-45 की अवधि में प्रारंभ किया गया जबकि उस सम तक किसी भी प्रकार के नाभिकीय रिएक्टर का विकास न हो पाया था।

इस यौगिक की महत्ता एक घटना से सिद्ध होती है। द्विती महायुद्ध के दौरान मित्र राष्ट्रों की सेनाओं ने नार्स्क हायड्रो द्वा नार्वे में निर्मित संयंत्र ध्वंस कर दिया था। युद्ध समाप्ति बाद इस संयंत्र का पुन: निर्माण किया गया। इससे अभी उत्पाद हो रहा है।

भारी पानी का सबसे महत्त्वपूर्ण उपयोग, नाभिकी प्रौद्योगिकी में विखंडन प्रक्रिया पर संचालित रिएक्टरों में रहा है। भारी पानी का उपयोग एवं महत्त्व जानने के लि हमें नाभिकीय अभिक्रिया के मूल सिद्धान्तों को जानना आवश्य है। एक नाभिकीय रिएक्टर में नाभिकीय प्रक्रिया शुरू कर के लिए यूरेनियम - 235 जैसी विखंडनीय सामग्री का विखंड बाह्य न्यूट्रान स्रोत द्वारा किया जाता है। इससे तीव्रगामी न्यूट्रा एवं ऊर्जा की उत्पत्ति होती है। इस प्रकार से उत्पन्न हुए न्यूट्रा और अधिक न्यूट्रान उत्पन्न करके नाभिकीय प्रक्रिया को आ बढ़ाने में सहायक होते हैं तथा और अधिक ऊर्जा उत्पन्न हो है। इस प्रकार, एक श्रंखला अभिक्रिया की स्थापना के फलस्वर नाभिकीय ऊर्जा का अनवरत उत्पादन होता है। नाभिकी अभिक्रिया में उत्पन्न द्रुत न्यूट्रानों की गति को धीमा कर अभिक्रिया से स्थायी परिमाण में अनवरत ऊर्जा का उत्पाद

ा है। नाभिकीय प्रक्रिया में उत्पन्न तीव्रगामी न्यूट्रानों को
ा करने संबंधी कार्य पानी, भारी पानी, ग्रेफाइट अथवा
डियम के द्वारा किया जा सकता है। यह इस बात पर निर्भर
ा है कि उपयोग की गयी नाभिकीय ईंधन साम्रगी तथा
क्टर किस प्रकृति का है। सर्वाधिक मंदन अनुपात होने
कारण भारी पानी का उपयोग तीव्रगामी न्यूट्रानों की गति
कम करने के लिए किया जाता है, अत: भारी पानी को
क भी कहा जाता है। भारी पानी का अन्य प्रयोग भारी
ी रिएक्टरों में शीतलक के रूप में भी होता है। नाभिकीय
्या में प्रयोग में आने वाले विभिन्न मंदकों में भारी पानी
से उपयुक्त मंदक है। इसके गुण सारणी - 2 में दिये गये

सारणी 2

विभिन्न मन्दकों के मंदन अनुपात

	मंदन अनुपात	धीमा करने की क्षमता (प्रति सें.मी.)	अवशोषण अनुप्रस्थ काट (वर्ग सें.मी.)
ी	58	1.28	0.022
लियम	130	0.16	0.00123
ाइट	200	0.065	0.00032
ी पानी	21,000	0.18	8.5×10^{-5}

भारत का वर्तमान नाभिकीय कार्यक्रम त्रिस्तरीय है। पहले
ा में प्रदाबित भारी पानी प्रकार के रिएक्टरों को स्थापित
ा जाएगा जिनमें प्राकृतिक यूरेनियम को ईंधन के रूप में
भारी पानी को मंदक एवं शीतलक के रूप में प्रयोग
ा जाएगा। ये रिएक्टर विद्युत उत्पादन के अतिरिक्त,
ोनियम - 239 का उत्पादन भी करेंगे।

द्वितीय चरण में प्लूटोनियम ईंधन से चलने वाले फास्ट
र रिएक्टर स्थापित किए जायेंगे जिनके द्वारा अधिक मात्रा
लूटोनियम - 239 का उत्पादन तथा थोरियम - 232 को
यम - 233 में रूपांतरित किया जाएगा।

इस कार्यक्रम के तीसरे और अंतिम चरण में यूरेनियम - 233
प्रयोग ईंधन के रूप में किया जाएगा जिससे विद्युत उत्पादन
ाथ - साथ, यूरेनियम - 233 की अधिक मात्रा प्राप्त होगी।
ह यूरेनियम - थोरियम - यूरेनियम का सतत रुपांतरण चक्र
स्थापित हो जाएगा। जैसाकि सर्व विदित है, विश्व में थोरियम के सबसे अधिक भंडार भारत में हैं, अत: इस प्रक्रिया द्वारा भारत इस प्रविधि के क्षेत्र में स्वावलंबी हो जाएगा। इस प्रविधि द्वारा स्वालंबन प्राप्त करने के लिए वह आवश्यक है कि देश में प्रथम चरण में बड़ी संख्या में प्रदाबित भारी पानी रिएक्टर स्थापित किये जायें जिसके लिए भारी पानी की बड़ी मात्रा आवश्यक होगी। देश में इस शताब्दी के अंत तक नाभिकीय कार्यक्रम के अंतर्गत 10,000 मेगावाट विद्युत ऊर्जा के उत्पादन का लक्ष्य है जो मुख्यत: तापीय भारी पानी रिएक्टरों पर ही आधारित है। इसके लिए अनुमानत: 11000 टन भारी पानी की आवश्यकता होगी, अत: यह आवश्यक है कि हम देश में ही भारी पानी का सतत एवं सस्ता उत्पादन करें।

सिद्धान्तत: भारी पानी का उत्पादन विभिन्न विधियों द्वारा संभव है जिनमें से कुछ निम्नलिखित हैं:

1) आसवन, 2) रासायनिक विनिमय, 3) विद्युत विश्लेषण, 4) विसरण, 5) गुरुत्वीय पृथक्करण, 6) लेज़र पृथक्करण।

विश्व में 1950 के दशक में विभिन्न तकनीकों द्वारा भारी पानी के उत्पादन का प्रयास किया गया था। विभिन्न अनुकूल कारणों से व्यापारिक स्तर पर भारी पानी के उत्पादन के लिए उपरोक्त प्रथम तीन विधियों को ज्यादा उपयुक्त पाया गया।

भविष्य में नाभिकीय ऊर्जा कार्यक्रम में भारी पानी की आवश्यकता को ध्यान में रखते हुए वर्ष 1954 में परमाणु ऊर्जा आयोग ने नांगल में एक संयंत्र लगाने का निर्णय लिया। यह संयंत्र भारत में 1962 में पश्चिम जर्मनी की लिंडे नामक कंपनी ने लगाया। इसकी भारी पानी की वार्षिक उत्पादन क्षमता 14 टन की है। यह संयंत्र तब से सफलतापूर्वक उत्पादन दे रहा है।

वर्ष 1960 के दशक में एक अनुमान के अनुसार देश में भारी पानी की वार्षिक आवश्यकता 300 टन आंकी गयी। इस समय तक हायड्रोजन सल्फाइड - जल विनिमय प्रक्रिया के द्वारा जिसे गर्डलर सल्फाइड प्रक्रिया के नाम से भी जाना जाता है, भारी पानी का उत्पादन एक उपयुक्त पद्धति के रूप में स्थापित हो चुका था। हालांकि इस पद्धति द्वारा भारी पानी के उत्पादन का कार्य अमेरिका एवं कनाडा में शुरू हो चुका था, किंतु इसकी उत्पादन तकनीक हमारे पास उपलब्ध नहीं थी, अत: यह आवश्यक था कि हम इस बारे में अपनी निर्माण तकनीक तथा तत्संबंधी ज्ञान स्वयं ही विकसित करें। इस संबंध में आवश्यक कार्य भाभा परमाणु अनुसंधान केन्द्र में 1960

के दशक के प्रारंभ में शुरू किया गया।

प्रयोगशाला स्तर पर अर्जित ज्ञान के आधार पर पाइलट प्लांट विकसित किया गया तथा इस पद्धति के गहन अध्ययन के पश्चात कुछ महत्त्वपूर्ण परिणाम प्राप्त किये गये जिनके आधार पर बड़े पैमाने पर भारी पानी के उत्पादन के लिए एक संयंत्र कोटा में स्थापित किया गया जिससे अनवरत सफलतापूर्वक उत्पादन हो रहा है जो कि एक गर्व का विषय है।

रासायनिक विनिमय पद्धति के अलावा, आसवन पद्धति द्वारा भारी पानी के उत्पादन के क्षेत्र में भी काफी कार्य किया गया। एक पूर्ण पैकेज यूनिट तैयार किया गया जिसके द्वारा 10% सांद्रता वाले भारी पानी को रिएक्टर ग्रेड भारी पानी में दक्षतापूर्वक परिवर्तित किया गया।

वर्ष 1967 में फ्रांस में अमोनिया - सिन्थेसिस गैस विनिमय पद्धति पर आधारित संयंत्र को सफलतापूर्वक संचालित किया गया। चूंकि फीड सिंथेसिस गैस फर्टिलाइजर संयंत्र से प्राप्त होती है, अत: आवश्यक है कि उक्त प्रकार के संयंत्र फर्टिलाइजर संयंत्रों के समीप लगाये जायें। 1970 के दशक में फ्रांस द्वारा मुहैया कराई गयी उपरोक्त तकनीक के आधार पर बड़ौदा तथा तूतीकोरिन में फर्टिलाइजर संयंत्रों के नजदीक भारी पानी के उत्पादन हेतु संयंत्रों की स्थापना की गयी। किन्हीं कारणोवश इन संयंत्रों से निर्धारित अवधि में उत्पादन नहीं प्राप्त किया जा सका। इन संयंत्रों का प्रचालन स्वदेशी अथक प्रयासों के बाद ही संभव हो सका। तत्पश्चात, इस प्रविधि को देश की जरूरतों के अनुसार अपना लिया गया और भविष्य में इस प्रविधि के आधार पर संयंत्रों की स्थापना की गयी। फर्टिलाइजर संयंत्रों पर निर्भरता समाप्त करने के लिए नई तकनीक विकसित करने का प्रयास जारी है तथा यह आशा की जाती है कि भविष्य में देश में स्वनिर्भर भारी पानी संयंत्रों की स्थापना आधुनिक तकनीक पर की जा सकेगी।

भारी पानी के उत्पादन के लिए भारत में मुख्यत: तीन तकनीकों, हायड्रोजन आसवन, हायड्रोजन सल्फाइड - जल विनिमय तथा अमोनिया - हायड्रोजन विनिमय का प्रयोग किया गया है, एवं अपग्रेडिंग के लिए निर्वात आसवन विधि का प्रयोग किया गया है। वर्तमान में भारी पानी के उत्पादन हेतु देश में नांगल, बड़ौदा, कोटा, तूतीकोरिन, तलचर, थल, मनुगुरु, हजीरा में विभिन्न क्षमताओं के संयंत्र लगाये गये हैं। इन संयंत्रों का संक्षिप्त विवरण निम्नलिखित है।

1) भारी पानी संयंत्र, नांगल

देश का पहला 14 टन वार्षिक उत्पादन क्षमता वा भारी पानी संयंत्र वर्ष 1962 में नांगल में चालू हुआ। संयंत्र से अभी तक अनवरत उत्पादन जारी है। यह संयंत्र वि विश्लेषण प्रक्रिया से प्राप्त पूर्व समृद्ध हायड्रोजन गैस की आस प्रक्रिया पर आधारित है। हायड्रोजन का आसवन - 25 से. के निम्नतापीय वातावरण में किया जाता है। ड्यूटीरि के पृथक्करण के बाद हायड्रोजन गैस फर्टिलाइजर संयंत्र वापस भेज दी जाती है। इस क्रिया में बिजली की बहुत ख होती है। भाखड़ा नंगल बांध से सस्ती दरों पर प्रचुर म में बिजली उपलब्ध होने के कारण ही यह संयंत्र नांगल लगाया जाना संभव हो सका। पत्पश्चात, देश के औद्योगि परिदृश्य में परिवर्तन को देखते हुए विद्युत में कमी के का उपरोक्त प्रविधि के आधार पर देश में अन्य भारी पानी संय की स्थापना नहीं की जा सकी।

2) भारी पानी संयंत्र, कोटा

भा. प. अ. केंन्द्र में किये गये अनुसन्धानों से प्राप्त सफ परिणामों के आधार पर हायड्रोजन सल्फाइड - पानी विनिम प्रक्रिया पर आधारित 85 टन वार्षिक उत्पादन क्षमता व संयंत्र कोटा, राजस्थान में स्थापित किया गया। इस संयंत्र व विनिमय इकाई में पानी स्वाभाविक 144 भाग प्रति दस ला से 15% तक भारी पानी में समृद्ध किया जाता है। यह इक तीन चरणोंवाले कासकेड में बनायी गयी है। इस इकाई समृद्ध भारी पानी से हायड्रोजन सल्फाइड गैस निकालने बाद अधिक समृद्धिकरण के लिए इसे आसवन इकाई में भेज जाता है। इस इकाई में वर्ष 1985 से भारी पानी का उत्पाद हो रहा है।

इस संयंत्र के लिए हायड्रोजन सल्फाइड गैस का उत्पाद भी संयंत्र में ही किया जाता है तथा भाप और बिजली व आवश्यकता की पूर्ति राजस्थान परमाणु बिजली घर से व जाती है।

भाप का एक भाग प्रक्रम द्रव के रूप में और शेष मुख्य रूप से प्रक्रम को गर्म रखने के काम में आता है। प्रक्रम द्र के रूप में प्रयोग में लायी गयी भाप के बराबर ब्वायलर भर जल, भारी पानी संयंत्र की एक इकाई में उत्पादित होता है ऊष्मा विनिमयक के खराब हो जाने पर अपरोक्ष रूप से ग करने के लिए प्रयोग में लायी भाप के इस भाग से H_2 गैस के मिश्रित हो जाने की सम्भावना होती है। बिजलीघ

दूषित द्रव न भेजने के लिए कोटा भारी पानी संयंत्र में ISG इकाई लगायी गयी है जिस में बिजलीघर से प्राप्त ामिक भाप से कम दबाव वाली गौण भाप उत्पन्न की जाती यह गौण भाप भारी पानी संयंत्र के प्रक्रम द्रव को गर्म ने के काम में लायी जाती है। इस प्रकार, राजस्थान परमाणु ली घर को भेजा गया द्रव ISG से प्राप्त द्रव व भारी ो संयंत्र के पूर्तिकारक ब्वायलर भरण जल का मिश्रण होता इस तरह इस द्रव में H_2S गैस से दूषित होने की सम्भावना के बराबर होती है।

इस संयंत्र में रासायनिक विनिमय दो भिन्न तापमानों पर ा है। 30° से. पर ड्यूटीरियम का गैस से भारी पानी में नांतरण होता है, जब कि 130° से. पर ड्यूटीरियम का से गैस में समृद्धिकरण होता है। इस संयंत्र में कोल्ड टावर (हॉट टावर कर दाब क्रमशः 20 और 21 किलोग्राम वर्ग सें. मी. होता है। बिजलीघर से प्राप्त होने वाली ा की आपूर्ति में समय-समय पर रुकावट के कारण संयंत्र समय तक उत्पादन के योग्य रहता था। इस समस्या के ाधान के लिए 200 टन प्रति घंटा वाष्प उत्पादन क्षमता वाष्प उत्पादन संयंत्र लगाया गया। इससे संयंत्र को अधिक य तक चलाया जा सका जिससे उत्पादन में काफी वृद्धि ।

3) भारी पानी संयंत्र, बड़ौदा

यह संयंत्र एक तापीय $NH_3 - H_2$ विनिमय विधि पर ाारित है। उर्वरक से प्राप्त 650 वाली सिन गैस से ड्यूटीरियम ाला जाता है। ठंडी और शुद्ध की गयी सिन गैस एक्स्ट्रेक्शन ा हिस्से से गुजारी जाती है, जहाँ वह ऊपर से आती द्रव ोनिया के संसर्ग में आती है और अपनी ड्यूटीरियम को में स्थान्तारित कर देती है। बाद में इसे भारी पानी में ा जाता है। इस संयंत्र में बहु - भित्तीय एक्सट्रेक्शन टावर भार लगभगं 600 टन, लम्बाई 30 मीटर, और व्यास 5 मी. है। इसको बड़ौदा तक ले जाने के लिए विशेष प्रयास ा गये थे। यह संयंत्र वर्ष 1977 से भारी पानी का उत्पादन रहा है। इसकी उत्पादन क्षमता 45 टन प्रति वर्ष है।

4) भारी पानी संयंत्र, तूतीकोरिन

भारी पानी संयंत्र, बड़ौदा की भांति यह संयंत्र भी एक ाय $NH_3 - H_2$ विनिमय विधि पर आधारित है। इस संयंत्र ीड सिन गैस SPIC उर्वरक संयंत्र से ली जाती है एवं ीरियम पृथक्करण के पश्चात यह गैस SPIC को वापस भेज दी जाती है। SPIC से प्राप्त होनेवाली सिन गैस का दाब 200 कि. ग्रा. प्रति वर्ग सें. मी. है। यह संयंत्र वर्ष 1978 से लगातार उत्पादन कर रहा है। इसकी उत्पादन क्षमता 49 टन प्रति वर्ष है।

5) भारी पानी संयंत्र, थल

यह संयंत्र भी एक तापीय $NH_3 - H_2$ विनिमय प्रविधि पर आधारित है। इसे आर. सी. एफ. के सहयोग से बनाया गया। यह वर्ष 1987 से लगातार उत्पादन कर रहा है। इसकी वार्षिक उत्पादन क्षमता 110 टन भारी पानी है।

6) भारी पानी संयंत्र, हजीरा

इस संयंत्र की कार्य विधि भी थल संयंत्र की भांति है। फरवरी 1991 से इसमें भारी पानी का उत्पादन शुरू हो गया है। इसकी उत्पादन क्षमता भी 110 टन प्रति वर्ष है।

7) भारी पानी संयंत्र, मनुगुरु

स्वदेशी तकनीकी पर आधारित, भारी पानी संयंत्र, कोटा की सफलता के पश्चात, अधिक भारी पानी उत्पादन के लिए हायड्रोजन सल्फाइड - पानी द्वितीपीय विधि पर आधारित एक विशाल संयंत्र आंध्र प्रदेश स्थित मनुगुरु में लगाया गया। यह संयंत्र गोदावरी नदी के किनारे पर स्थित है, तथा संयंत्र के लिए भरण इसी नदी से लिया गया है। इसकी उत्पादन क्षमता 185 टन प्रति वर्ष है और भाप तथा बिजली की आवश्यकता कैप्टिव संयंत्र द्वारा जो मुख्य संयंत्र के पास ही है, पूरी की जाएगी। इस संयंत्र में कोटा जैसी मुख्य क्रिया के लिए दो इकाइयां लगायी गयी हैं, जबकि उपयोगिता (यूटिलिटी) इकाइयां दोनों इकाइयों के लिए केवल एक ही (कॉमन) है।

कैप्टिव ऊर्जा संयंत्र के लिए कोयला समीप की खान, भंडारगुडा (मनुगुरु) से प्राप्त किया जाता है। इस संयंत्र की प्रथम इकाई में फरवरी 1991 से उत्पादन शुरू हो गया है एवं दिसम्बर 1991 से दूसरी इकाई में भी उत्पादन आरम्भ हो गया। निकट भविष्य में इस संयंत्र की अपनी पूरी क्षमता पर कार्य करने की आशा है।

8) भारी पानी संयंत्र, तलचर

भारी पानी उत्पादन के लिए द्वितापीय अमोनिया - हाइड्रोजन विनिमय प्रक्रिया पर आधारित यह संयंत्र एफ. सी. आई, तलचर उड़ीसा के निकट स्थापित किया गया है। इसकी वार्षिक क्षमता 62 टन है। एफ. सी. आई, तलचर के अमोनिया संयंत्र में उत्पादित

सिन गैस भारी पानी संयंत्र में निवेश्य के रूप में उपयोग की जाती है। सिन गैस से ड्यूटीरियम पृथक्करण के पश्चात सिन गैस वापस एफ. सी. आई. को भेज दी जाती है। तूतीकोरिन तथा बड़ौदा के संयंत्र एक तापीय विनिमय प्रक्रिया पर आधारित हैं, जब कि तलचर संयंत्र द्वितापीय प्रक्रिया पर आधारित है। यह संयंत्र वर्ष 1985 से उत्पादनरत है। एफ. सी. आई, तलचर से निवेश्य की अनुपलब्धता के कारण, इस संयंत्र की कुल उत्पादन क्षमता का सीमित प्रयोग हो रहा है। संयंत्र को अधिक समय तक उत्पादनरत बनाये रखने के लिए इसकी कार्यप्रणाली में कुछ उन्नत सुधार किये जा रहे हैं। भविष्य में इस संयंत्र से अच्छे उत्पादन की आशा है।

भविष्य के भारी पानी संयंत्रों में सम्भावित सुधार

हायड्रोजन सल्फाइड गैस के उत्पादन के लिए जिसकी आवश्यकता H_2S - H_2O विनिमय विधि में होती है, पारम्परिक Na_2S और सल्फ्यूरिक एसिड की अभिक्रिया प्रयोग में लायी जाती है। हायड्रोजन गैस के वातावरण में सल्फर को जला कर हायड्रोजन सल्फाइड गैस उत्पन्न करने की सम्भावना पर अध्ययन किया जा रहा है।

इसी प्रकार NH_3 - H_2 विनिमय विधि की उर्वरक संयंत्रों पर निर्भरता को दूर करने के लिए भी अध्ययन हो रहा है। भविष्य में बनने वाले भारी पानी संयंत्रों में इस प्रक्रिया का प्रयोग किये जाने की सम्भावना है। भारी पानी उत्पादन की अन्य विधियों पर भी शोध कार्य चल रहा है। आशा है कि भविष्य में इन विधियों पर आधारित, उत्पादन हेतु संयंत्र लगाये जायेंगे।

वर्तमान भारी पानी संयंत्रों की कुल उत्पादन क्षमता लगभग 650 टन प्रति वर्ष है। नाभिकीय ऊर्जा के लक्ष्य को प्राप्त करने के लिए भविष्य में 8 वीं एवं 9 वीं पंचवार्षिक योजनाओं में रासायनिक विनिमय विधि पर आधारित कुछ और भारीपानी संयंत्र लगाने होंगे जो शताब्दी के अंत तक उत्पादन शुरू कर देंगे।

□

लेखकों से निवेदन

- □ "वैज्ञानिक" हेतु लेख भेजते समय कृपया निम्न बा ध्यान में रखे :
- □ लेख का विषय नया हो जो पाठकों मे अधिक ज्ञा प्राप्त करने की जिज्ञासा बढ़ाए,
- □ लेख मौलिक और पठनीय हो, भाषा सरल औ बोधगम्य,
- □ कृपया अनुवादित लेख न भेजें,
- □ लेख टंकित किया हुआ अथवा स्पष्ट हस्तलिपि दोनों ओर पर्याप्त हाशिए छोड़ कर काग़ज के एक ओ ही लिखें,
- □ विषय वस्तु समझाने के लिए यदि चित्र आवश्य हों तो उन्हें सफेद काग़ज पर काली रोशनाई से खीं कर लेख के अन्त मे संलग्न कर दें, पाण्डुलिपि मूलपाठ के साथ उसी पृष्ठ पर चित्र बनाएं,
- □ अस्वीकृत रचनाएं डाक - टिकट लगा लिफाफा संल होने पर ही वापस की जाएंगी।

— संपादव

हिन्दी की सर्वप्रथम विज्ञान - पत्रिका

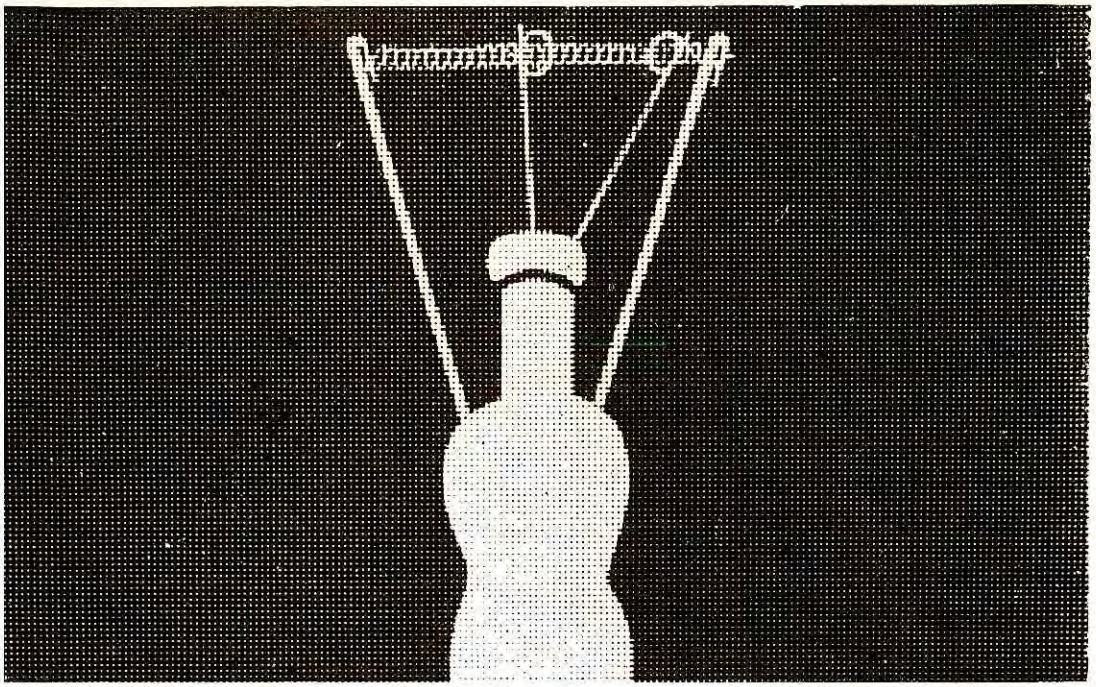
विज्ञान (मासिक)

75 से भी अधिक वर्षों से निरंतर प्रकाशित

: संपर्क सूत्र :

विज्ञान परिषद, महर्षि दयानन्द मार्ग,

इलाहाबाद - 211 002



Midhani. Lighting the path to self-reliance in special metals and alloys.

Midhani is India's first and only special alloys plant manufacturing the entire range of special metals and alloys needed by various industries.

For instance, molybdenum, tungsten and high purity nickel for the lamp industry.

The basic production technology has been acquired from reputed foreign organisations like Creusot-Loire and Pechiney-Ugine-Kuhlmann of France and Krupp Kloeckner A of West Germany. Midhani also has the latest equipment and quality control facilities to ensure that all Midhani alloys meet international standards in quality and performance.

Some of the unique production facilities are the powder metallurgy shop for compacting, sintering, swaging and wire drawing of molybdenum and tungsten products, sophisticated melting and refining furnaces, precision forging, rolling and wire drawing equipment and a central quality control laboratory.

Midhani's product range includes iron, nickel and cobalt based superalloys, special purpose steels, titanium and titanum alloys, electrical and electronic alloys including electrical resistance alloys and powder metallurgy products.

MIDHANI

Mishra Dhatu Nigam Limited

(A Government of India Enterprise)

Kanchanbagh Hyderabad 500 258

Sista's/Midhani/153-84

दीर्घ-आयु नाभिकीय प्रबंधन

मधु सूदन कु
अध्यक्ष, अपशिष्ट प्रबंधन प्र
भा. प. अ. केन्द्र, बम्बई - 400 0

नाभिकीय ईंधन चक्र रेडियो सक्रिय खनिजों के खनन से प्रारम्भ होकर, रिएक्टर में दहनोपरान्त बचे ईंधन के पुनर्संसाधन पर जाकर समाप्त होता है। इस चक्र के प्रत्येक चरण में रेडियो सक्रिय अपशिष्ट का जनन होता है। इस के अतिरिक्त, संशोधन संस्थानों से, स्वास्थ्य केन्द्रों से जहां रेडियो समस्थानिकों का प्रयोग किया जाता है, उद्योगों से तथा कृषि संबन्धित कार्यों से ऐसे अपशिष्ट बनते हैं, जिनका निपटान जनसाधारण का स्वास्थ्य तथा प्राकृतिक संतुलन बनाये रखने के दृष्टिकोण से अति आवश्यक है।

नाभिकीय अपशिष्ट मुख्यत: तीन प्रकार के होते हैं, निम्न, मध्यम एवं उच्चस्तरीय। यह वर्गीकरण अपशिष्ट की रेडियो सक्रियता एवं उसमें विद्यमान नाभिकानों की मात्रा तथा अर्ध-आयु के आधार पर किया गया है। रेडियो सक्रिय अपशिष्ट प्रबंधन निम्नलिखित तीन मुख्य सिद्धान्तों पर आधारित है :

1) विलंब एवं क्षय
2) असांद्रीकरण एवं फैलाव, प्रसार (निष्कासीकरण)
3) सांद्रीकरण एवं नियंत्रित संरोधन।

प्रथम दो सिद्धान्तों का प्रयोग कुछ विशेष परिस्थितियों में ही किया जाता है। सामान्यत: सांद्रीकरण एवं संरोधन को ही प्रबंधन के मुख्य आधार के रूप में प्रयोग में लाया जाता है। इसके अन्तर्गत निम्नस्तरीय व मध्यम स्तरीय अपशिष्ट का रासायनिक आयन विनिमय उपचार के उपरान्त सीमेन्ट, कोलतार आदि मैट्रिक्स में स्थिरीकरण कर के धरातल में बनाये खण्डों में या फिर सांद्रीकरण उपचारों के उपरान्त प्रबलित सीमेन्ट की पक्की खाइयों व टाईल होल में डाल कर सुरक्षित रूप से भंडारण कर दिया जाता है। निम्नस्तरीय व मध्यम स्तरीय अपशिष्टों का प्रबंधन भारत में पिछले तीन दशकों से सुरक्षित रूप से सफलतापूर्वक हो रहा है।

प्रत्येक अपशिष्ट-जनन स्थान पर इनके निपटान की सुविधाएं उपलब्ध हैं और इस काल में कहीं से भी पर्यावरण के दूषित होने की घटना नहीं घटी है।

सबसे बड़ी चुनौतीपूर्ण समस्या उच्चस्तरीय अपशिष्ट के प्रबंधन की है, क्योंकि इसकी रेडियो सक्रियता बहुत अधिक एवं लम्बे समय तक रहनेवाली होती है। यदि इसका प्रबंधन ठीक प्रकार से न किया जाए, तो इसकी विषाक्तता का दुष्प्रभाव पर्यावरण व जैव मंडल पर हो सकता है जिसके परिणाम गम्भीर सकते हैं। पुनर्संसाधन से जनित उच्चस्तरीय अपशिष्ट में दीर्घ-अ के रेडियो-नाभिकान विद्यमान रहते हैं, जो दो प्रकार के ह हैं; विखंडन उत्पाद तथा परायूरेनियम तत्त्व।

विखंडन उत्पाद स्ट्रान्शियम, सीजियम आदि होते हैं जिन अर्ध-आयु 28-30 वर्ष की होती है और अपशिष्ट में का मात्रा में उपस्थित रहते हैं। रेडियो सक्रियता के क्षय के का इनसे ताप भी अधिक मात्रा में उत्पन्न होता है। परायूरेनिय तत्त्वों में यूरेनियम, प्लूटोनियम, नेपच्यूनियम, अमरेशियम आ आते हैं जो अल्फा उत्सर्जक हैं तथा इनकी अर्ध-आयु व हजार वर्ष होती है।

उच्चस्तरीय द्रव अपशिष्ट, जैसा कि पहले बताया जा चु है, ईंधन पुनर्संसाधन क्रिया से प्राप्त होता है और इसमें संपू ईंधन-चक्र में मिलनेवाली रेडियो सक्रियता की 99% सक्रिय विद्यमान रहती है। यह अपशिष्ट स्वत: तापजन्य होते हैं अत्यधिक नाभिकीय विकिरण उत्पन्न करते हैं। इस द्रवरू अपशिष्ट का उच्च अखंडता की स्टेनलेस स्टील टंकियों अन्तरिम रूप से भंडारण किया जाता है। लम्बे समय के लि भंडारण व निपटान के लिए बहु-अवरोधक प्रणाली अपना जाती है जो निम्नलिखित चरणों में क्रियान्वित की जाती है :-

1) अपशिष्ट द्रव का ठोसीकरण,
2) अल्पकालीन नियंत्रित निगरानी, तथा
3) गहरी भूमिगत चट्टानों में निपटान।

अपशिष्ट के ठोसीकरण हेतु भारत में एक विशेष कार्यक्रम दीर्घ आयु के नाभिकीय अपशिष्टों के प्रबंधन के लिए पिछ एक दशक से भी अधिक समय से चलाया जा रहा है। पहल चरण के अंतर्गत एक काँचीकरण का संयंत्र बनाया गया है जहां उच्चस्तरीय अपशिष्ट स्टेनलेस स्टील के पात्र में काँचीकर द्वारा ठोस रूप में परिवर्तित किया जाता है। वैसे तो ठोसीकर के लिए अन्य मैट्रिक्स जैसे सिन्रॉक, सैरेमिक आदि भी है परन्तु काँच को उच्च ताप चालकता, रसायनिक व विकिर निष्क्रियता तथा इसमें यांत्रिक बल होने के कारण सबसे अधि उपयुक्त माना गया है। हम काँचीकरण के लिए ऐलकल बोरोसिलीकेट को प्रयोग में लाते हैं। उच्च विकिरण क्षेत्र हो के कारण सारी ठोसीकरण की क्रिया सुदूर नियंत्रण द्वारा सम्प

ो है।

उच्चस्तरीय अपशिष्ट प्रबंधन के दूसरे चरण में ठोसीकृत शिष्ट पात्र का ठंडा होने के लिए 20 वर्ष तक अंतरिम रण किया जाता है। इस भंडारण समय में अपशिष्ट की -जनन शक्ति लगभग आधी हो जाती है। ठोसीकृत अपशिष्ट माध्यमों द्वारा ठंडा किया जा सकता है, जल द्वारा या द्वारा। हमने वायु द्वारा शीतलीकरण विधि को अपनाया इसमें प्राकृतिक संवाहन का नियम प्रयोग में आता है। ल वायु नीचे के द्वार से प्रवेश कर भंडारण कक्ष में होती अपशिष्ट को शीतल करती, स्वयं उष्ण होकर चिमनी बाहर निकल जाती है।

अंतिम चरण में शीतलीकृत ठोस अपशिष्ट का सदा के निपटान किया जाता है। इसका मुख्य लक्ष्य यह है कि बार निपटान किये गये अपशिष्ट के रेडियो नाभिकान जैव व मानव के वातावरण में पुन: प्रवेश न कर पायें, जब कि उनकी विषाक्तता हानिरहित स्तर की न हो जाये। -आयु नाभिकानों को जैव मंडल से विलगित करने के विकल्प सुझाये गये हैं, जिनमें मुख्य हैं, अंतरिक्ष निपटान, र तल में निपटान तथा गहरी चट्टानों में निपटान। आर्थिक कनीकी संभाविताओं के आधार पर विभिन्न देश विभिन्न ल्पों को चुन रहे हैं, परंतु सर्वमान्य विकल्प गहरी चट्टानों पटान का ही है। चट्टानों में अपशिष्ट निपटान हेतु बनायी वाली सुविधा को निक्षेपस्थान या रिपोजीटरी कहा जाता ो चट्टानें इस कार्य के उपयुक्त मानी गयी हैं, वे नमक-परतें, नी मिट्टी की परतें, ग्रेनाइट, बेसाल्ट संरचनाएं आदि हैं। क्त चट्टानों की कुछ विशेषताओं के कारण इन्हें अपशिष्ट गन के योग्य समझा जाता है। ये निम्नलिखित हैं :

1) भौतिक व रासायनिक समानता,
2) विशाल स्थूलता एवं विस्तीर्णता,
3) तापीय संचालन,
4) यांत्रिकी अखंडता,
5) गहराई में भूमिगत जल का कम होना या न होना,
) रेडियो सक्रियता का प्रभाव न होना।

निक्षेपस्थान चयन एक ऐसे विशाल कार्यक्रम के द्वारा संपन्न जाता है जिसमें उपर्युक्त गुणयुक्त चट्टानों का ऐसे क्षेत्र ना आवश्यक है, जहां भूकंप का इतिहास न हो, वर्षा मिगत जल कम हो, आबादी, उद्योग व कृषि आदि दूर कम हों।

भारत में निक्षेपस्थान निर्माण के कार्यक्रम के अंतर्गत कई कार्य प्रगति पर हैं। यह कार्यक्रम निम्न तीन चरणों में किया जायेगा :

पहले चरण में निक्षेपस्थान चयन के कार्यक्रम में भारत की सब योग्य चट्टानों का अध्ययन किया जा रहा है, जिनमें ग्रेनाइट मुख्य है। जो ग्रेनाइट संरचनाएं भूकंप क्षेत्र - I और II में विद्यमान हैं, जहां वर्षा कम है, भूमिगत जल थोड़ा या नहीं है, चट्टानें समगुण व विस्तीर्ण हैं, उनको खोज कर उनकी भूवैज्ञानिक, भूभौतिकी एवं भूजलीय सर्वेक्षण द्वारा जाँच की जा रही है। भूमिगत संरचना व समान गुण परखने के लिए बोर छिद्र वेधन भी इस जाँच का एक भाग है। प्रथम प्राथमिक खोज द्वारा कुछ ऐसे उपयुक्त क्षेत्रों का पता चल चुका है, परंतु विस्तृत कार्य करना अभी शेष है।

दूसरे चरण में एक पायलॅट निपटान सुविधा बनायी जायेगी जहां स्वस्थाने प्रयोग किये जायेंगे। इन परीक्षणों के परिणामों के आधार पर गहरी खान के रूप में निक्षेपस्थान सुविधा का निर्माण किया जायेगा, जहां बहु-अवरोध सिद्धांत के आधार पर कक्षों में दीर्घ-आयु उच्चस्तरीय अपशिष्ट का निपटान किया जायेगा।

निक्षेपस्थान परियोजना एक लंबे समय का कार्यक्रम है, जिसमें अंतिम चयनित स्थान के निर्णय से लेकर गहरी खान की सुविधा के बनाने तक लगभग 20 वर्ष लग जायेंगें। लंबे समय तक सुरक्षा की समस्या के कारण हर पहलू का गंभीरता से अध्ययन करना अति आवश्यक है। इस संदर्भ में आजकल एक स्वस्थाने परीक्षण कोलार की स्वर्ण खदान में चल रहा है, जहां रेडियो नाभिकान क्षय-जनित ताप द्वारा चट्टानों पर ताप-यांत्रिक प्रभावों का एक, 1 कि. मी. गहरे कक्ष में, अध्ययन किया जा रहा है। पहले परीक्षण के परिणामों का प्रतिपादन चल रहा है। दूसरी ओर, चट्टानों में प्रतिबल के कारण उत्पन्न बारीक दरारों पर एक प्रयोगशाला में अध्ययन चल रहा है। निक्षेपस्थान की चट्टानों के यांत्रिकी गुणों का भी यहां पता लगाया जा रहा है।

सुरक्षा के क्षेत्र में गणित-प्रतिरूपण द्वारा निक्षेपस्थान से विस्थापित रेडियो नाभिकानों के व्यवहार पर कार्यक्रम भी चल रहा है।

इस प्रकार, भारत दीर्घ-आयु वाले अपशिष्ट प्रबंधन की दिशा में किसी अन्य देश से पीछे नहीं हैं तथा शीघ्र ही अंतिम निपटान की तकनीक भी प्राप्त करने के लिए प्रयत्नशील है। □

नाभिकीय खनिज एवं उनका उत्खनन : बिहार के परिप्रेक्ष्य में

डा. आर. पी. ि
परियोजना निदेश
बिहार विज्ञान एवं प्रावैधिकी परिषद, प

पारंपरिक रसायनिक ईंधन की उपलब्धता में कमी और स्वच्छ वैकल्पिक ऊर्जा उत्पादन की तकनीकी के विकास में संभावित विलम्ब को देखते हुए, विश्व स्तर पर ऊर्जा की आवश्यकता पूर्ति के लिए नाभिकीय ऊर्जा उत्पादन में वृद्धि अत्यावश्यक प्रतीत होती है। ऐसी स्थित में नाभिकीय रियेक्टर संरचना तथा इंधन विरचन - प्रक्रम के विकास के साथ - साथ, नाभिकीय खनिजों का सर्वेक्षण, उनका उत्खनन एवं उनके रसायनिक गुण - धर्म परीक्षण सम्बन्धी शोध एवं विकास कार्यों में भी आवश्यक प्रगति करनी होगी।

नाभिकीय खनिज

रेडियो - सक्रिय नाभिकीय खनिजों में यूरेनियम और थोरियम के खनिज प्रमुख स्थान रखते हैं। खनिजीय प्राकृतिक यूरेनियम में 99.274% यूरेनियम - 238, 0.02% यूरेनियम - 235 और 0.006% यूरेनियम - 234 पाया जाता है जबकि प्राकृतिक थोरियम में थोरियम - 232 ही पाया जाता है।

यूरेनियम तत्व की खोज ''पिचब्लेंड'' खनिज में सर्वप्रथम एच. एम. क्लैपरॉथ ने वर्ष 1789 में की थी और प्रयोगशाला में यूरेनियम धातु सर्वप्रथम ई. पेलीगट द्वारा वर्ष 1842 में तैयार की गयी।

पहले समझा जाता था कि यूरेनियम की उपलब्धि विरल है लेकिन तथ्य यह है कि यह सोना, चाँदी तथा प्लेटिनम की तुलना में अधिकता से पाया जाता है। एक मोटे आकलन के आधार पर, पृथ्वी की ऊपरी तहों में लगभग 10 मिलियन टन यूरेनियम का अस्तित्व है, लेकिन दुर्गाग्यवश, इसकी सघनता इतनी कम है कि इसका उत्खनन एवं समृद्धीकरण श्रमसाध्य एवं खर्चीला है।

मुख्य रूप से यूरेनियम और थोरियम क्षारीय की तुलना में अम्लीय ''इग्नियस शिलाओं'' में अधिकता से पाये जाते हैं। औसत रूप से ग्रेनाईट में लगभग 3.96 ग्राम यूरेनियम और 13 ग्राम थोरियम प्रति टन उपस्थित रहता है। कुछ काली शेल्स, सैंडस्टोन और फास्फेटिक शिलाओं में ग्रेनाइट की तुलना में अधिक यूरेनियम उपस्थित रहता है, लेकिन सेडिमेंटरी शिलाओं में साधारणतया इसके रेडियो सक्रिय अयस्क कम ही पाये जाते हैं।

यूरेनियम तथा थोरियम की उपस्थिति वाले खनिजों संख्या 100 से ऊपर है लेकिन उनमें से कुछ में ही उ मात्रा उपयोगी स्तर की है। मुख्य खनिज निम्न हैं :

पिचब्लेंड U_3O_8 : पिचब्लेंड आमतौर पर प्रमुखता से प जाने वाला प्राथमिक जल - तापीय यूरेनियम खनिज है। गुर्दे की आकृति के सल्फाइड तथा स्फटिक के साथ अमणि रूप में तथा महीन चूर्ण रूप में दूसरे खनिजों के साथ मि हुआ पाया जाता है। इसका आपेक्षिक घनत्व 8-10 र रंग काला होता है। इसमे U_3O_8 की मात्रा 50-80% ह है।

यूरेनिनाइट UO_2 : यह मणिभीय यूरेनियम आक्साइड इसका रंग काला या मखमली होता है और इस पर भूरे-क रंग की धरियाँ होती हैं। इसके अन्य गुण लगभग ''पिचब्लें के समरूप होते हैं।

डेविडाइट और ब्रैनराइट : ये खनिज विरल लौह - टाइटैनियम मिले आक्साइड हैं और इनमें 7-1(U_3O_8 होता है।

अन्य प्राथमिक यूरेनियम खनिज

बहुत कम मात्रा में पाये जाने वाले अन्य प्राथमिक यूरेनि खनिजों में यूक्सेनाइट, समरस्काइट, बेटाफाइट उल्लेखनीय इन सभी में नियोबियम और टैन्टेलम के आक्साइड उपस्थि रहते हैं।

द्वितीयक यूरेनियम खनिज पतली परत, पपड़ी या छिद्रयु ढीले पदार्थ के रूप में अथवा चूर्ण रूप में पाये जाते हैं जि यूरेनियम के परिवर्तन स्वरूप प्राप्त प्रतिफल के रूप में जा जाता है। काले यूरेनियम अयस्क प्रोटोक्साइड हैं जो वस्तु भिन्न रसायनिक संगठन वाले आक्साइड होते हैं। यूरेनि माइका पतली पट्टियों में टूटने की क्षमता वाले होते हैं अ घनीय मणिभीकरण प्रदर्शित करते हैं। ऐसे द्वितीयक खनि में कार्नोटाइट, ऑटोनाइट, टॉबर्नाइट, टाइयैमुनाइट, यूरेनो तथा गमाइट वर्ग के खनिज आते हैं।

कार्नोटाइट : कार्नोटाइट जलीय पोटैशियम - यूरेनियम वैने

और द्वितीयक खनिज का उदाहरण है। यह सैन्डस्टोन के हदान अवशिष्ट के रूप में पाया जाता है। बहुधा इसके साथ ल्चाइट, एज्युराइट, बायोटाइट और मैग्नेटाइट आदि खनिज ा उपस्थित रहते हैं।

ऑटोनाइट : यह यूरेनियम तथा कैल्शियम का फॉस्फेट है ौर सल्फर की भाँति पीले रंग का होने से पहचाना जाता ।

टाईयैमुनाइट : यह कैल्शियम - यूरेनियम वैनेडेट है जो नोटाइट से संबंधित है तथा हरे रंग का होता है।

यूरेनोफेन : यह जलीय कैल्शियम - यूरेनियम सिलिकेट है ौर इसका रंग नीबू के समान पीला होता है।

गमाइट : यह लेड जस्ते के साथ यूरेनियम का एक जलीय क्साइड है तथा इसका रंग गहरा नारंगी या भूरा होता है।

न्य द्वितीयक खनिज

कुछ द्वितीयक खनिज जिनमें षट् - संयोजकता पायी जाती ल्यूमिनिसेंट (प्रकाश विकिरण करने वाले) होते हैं; जैसे नो स्पाइनाइट। इस गुण के कारण इनको आसानी से पहचाना ता है।

नियम खनिजों का भूगर्भीय पक्ष

यूरेनियम प्राथमिक शिरा-अवशिष्टों के रूप में इग्नियस और ामार्फिक शिलाओं में या सपाट अवशिष्टों के रूप में सेडिमेंटरी लाओं में पाया जाता है।

सतही आक्सीकरण प्रक्षेत्रों में प्राथमिक खनिज :-संयोजकता वाले द्वितीयक खनिजों के रूप में परिवर्तित ते हैं। इस रूप में यूरेनियम आसानी से पानी में घुलनशील जाता है और नदियों या अस्थायी जल धाराओं द्वारा बहकर ुद्रों तथा झीलों में पुहँच जाता है। वहाँ वह समुद्र तथा ल के तल पर अवशिष्ट सेडिमेंटरी शिलाओं में अन्तर्निहित जाता है या उपयुक्त स्थितियों में तहदार अवशिष्टों के रूप सान्द्रित हो जाता है।

समुद्रों और झीलों के किनारे के कार्बनिक पदार्थ हाइड्रोजन ल्फाइड और फेरस आक्साइड के साथ यूरेनियम को शोषित ते हैं जिससे तटीय क्षेत्रों में यूरेनियम का सान्द्रीकरण होता सेडिमेंटरी शिलाओं में यूरेनियम सदैव वैनेडियम, फास्फोरस ा मालिब्डेनम के साथ पाया जाता है। अयस्क उत्पन्न करने ले जलीय घोलों और गर्म शिलाओं की प्रतिक्रिया और श्चात अवक्षेपीकरण से तलगत जल-तापीय अवशिष्टों का र्माण होता है। एक विशेष वर्ग के समुद्री यूरेनियम अवशिष्टों के साथ मछलियों के कंकाल, हड्डियाँ, दाँत आदि भी यत्र-तत्र मिले रहते हैं। झील या दलदली भूमि की सेडिमेंटरी शिलाओं में यूरेनियम अवशिष्ट कार्बनिक पदार्थ, बालू तथा चूने के पत्थरों के साथ पाये जाते हैं जिनमें वानस्पतिक अवशेष तथा कोयला आदि मिले होते हैं।

ग्रेनाइट खंडों में यूरेनियम और थोरियम अन्य तत्वों, यथा जिर्कोनियम, टाइटैनियम, सीरियम वर्ग के "विरल मृदा", कैल्शियम और फास्फोरस के साथ संयोजित होते हैं। इस कारण जिर्कान, टाइटैनाइट, मोनाजाइट, एलानाइट, एपैटाइट, यूरेनिनाइट, तथा थोराइट जैसे खनिजों में यूरेनियम और थोरियम की उपस्थिति रहती है, क्योंकि इन्हीं खनिजों का मणिभीकरण प्रथमत: ग्रैनाइट मैग्मा से होता है। जिर्कोनियम, विरल मृदा तत्वों तथा कैल्शियम के साथ थोरियम अधिक प्रतिक्रियाशील होता है, इसलिए ऊँचे तापमान पर यह यूरेनियम की तुलना में अधिक अवक्षेपित होता है। इस कारण अवक्षेपन के बाद बचे हुए मैग्मा द्रव में यूरेनियम की सान्द्रता बढ़ जाती है और यह पेग्मैटाइट के रूप में लगभग 550° से. पर मणिभीकृत हो जाता है। बचा-खुचा थोरियम अन्त में अन्य रेडियो सक्रिय खनिजों, जैसे युक्सेनाइट, फर्ग्युसोनाइट, समरस्काइट, पाइरोक्लोर तथा विरल मृदा तत्व, टाइटैनियम, टेन्टेलम, कोलम्बियम और यूरेनियम के आक्साइड या यूरेनिनाइट, थोराइट, युरेनो थोराइट और मोनाजाइट के साथ मिले हुए रूप में अवक्षेपित होता है।

मैग्मा-द्रव, जिसमें से थोरियम लगभग अवक्षेपित हो चुका होता है, ग्रेनाइट तथा पेग्मेटाइट से विभिन्न दिशाओं में अग्रसर होती हुई शिराओं में आगे बढ़ता है और इग्नियस तथा सेडिमेंटरी शिलाओं तथा छिद्र युक्त तहों में जल-तापीय कारणों से अवशिष्ट होता है। इन्हीं अवशिष्टों में पिचब्लेंड अकेले या सल्फाइड और आर्सेनाइड अयस्कों के साथ पाया जाता है।

भारत में यूरेनियम खनिजों की उपलब्धता एवं उत्खनन : बिहार के परिप्रेक्ष्य में

भारत में यूरेनियम खनिज का पहला उल्लेख वर्ष 1860 का है जिसमें बिहार के सिंहभूमि जिले के लोप्सो पहाड़ी क्षेत्र में कॉपर यूरेनाइट ($Cu\ (UO_2)_2.\ (PO_4)_2.\ 8H_2O$) जो यूरेनियम माइका या टार्बर्नाइट के नाम से जाना जाता है, के पाये जाने की बात है। कुछ वर्षों बाद धलभूमि के सुन्गरी क्षेत्र में मैग्नेटाइट-ऐपेटाइट शिला खंडों के ऊपर पपड़ी के रूप में भी इसे पाया गया।

वर्ष 1901 में टी. हॉलैंड द्वारा बिहार के गया जिले में सिंगर के दक्षिण-पूर्व में पिचब्लेंड की खोज की गयी। इस क्षेत्र में आर. सी. बर्टन द्वारा वर्ष 1912 मे आगे खोज कार्य किया गया। उन्होंने पिचब्लेंड को अबरकी पहाड़ क्षेत्र में भी खोज निकाला। यहाँ यह खनिज विभिन्न आकार के गोले, खनिज-पिंडों के रूप में पाया जाता है। इसके साथ फेल्डस्पैर्थिक पदार्थ, सफेद तथा पीला माइका, टूर्मैलाइन, जिर्कान तथा टार्वनाइट आदि भी पाये जाते हैं। इसके अतिरिक्त, वर्ष 1935 में पिचब्लेंड राजस्थान में अजमेर के पास बिसुन्दनी के पास पेग्मैटाइट के साथ पाया गया।

ग्रेनाइट मूल के खनिज

बिहार में ग्रेनाइट-मूल के खनिज यथा यूरेनिनाइट, यूरेनिफेरस कोलम्बाइट-टेन्टेलाइट आदि नीरू पहाड़ी, हजारीबाग और सिमडेगा-तामा, राँची और सिंहभूम क्षेत्रों में पाये जाते हैं। इसके अतिरिक्त, भारत में रेडिओ सक्रिय ग्रेनाइट मूल के खनिज मद्रास के सलेम और कोयम्बटूर, मध्य प्रदेश के जसपुर, रामगढ़ और सरगुजा, राजस्थान के उदयपुर, उड़ीसा के सुन्दरगढ़, आन्ध्र प्रदेश के राजापेट, अनन्तपुर, गडवल, वनपार्थी, महबूबनगर, करीम नगर और नालगोडा, मैसूर के रायचूर, हिमाचल प्रदेश में सतलज घाटी तथा महाराष्ट्र, गोवा, और खासी जयंतिया पहाड़ियों आदि क्षेत्रों में पाये जाते हैं।

बिहार के सिंहभूमि जिले में पाये जाने वाले बाथोलिथिक सिंहभूम ग्रेनाइट में यूरेनियम की मात्रा 10 लाख भाग में 13 भाग तक है जो आर्थिक दृष्टि से खनन के लिए संतोषजनक है। राजस्थान के क्षेत्रों में पाये जाने वाले ब्रेनराइट खनिज में $42.86\% U_3O_8$, $1.45\% ThO_2$, $37.2\% TiO_2$ मिला, लेकिन इसकी उपलब्धि विरल होने से इसका खनन आर्थिक दृष्टि से उपयुक्त नहीं है। मद्रास के क्षेत्रों में प्राप्त बाथोलिथिक ग्रेनाइट में यूरेनियम सान्द्रता $0.05\% U_3O_8$ के आधार पर आंकी गयी है, लेकिन अयस्कों की कुल मात्रा बहुत अधिक नहीं है। राजस्थान के क्षेत्रों में यूरेनियम खनिजों की उपस्थिति विरल है जिनमें यूरेनियम सांद्रता U_3O_8 के आधार पर लगभाग 0.1% है। मध्य प्रदेश के दुर्ग तथा महाराष्ट्र के भंडारा क्षेत्रों से प्राप्त रेडियोसक्रिय खनिजों के नमूनों में 0.0227 से 0.0467% तक U_3O_8 प्राप्त हुआ। यहाँ भी इन खनिजों की मात्रा उत्साहवर्धक नहीं है। इस प्रकार, भारत में बिहार के क्षेत्रों में यूरेनियम खनिजों की सान्द्रता तत्काल उत्खनन के लिए आर्थिक दृष्टि से उपयुक्त समझी गयी।

पेग्मेटाईट-मूल के खनिज

पेग्मेटाइट मूल के रेडियो सक्रिय खनिजों में यूरेनियम तथ थोरियम, दोनों उपलब्ध हो सकते हैं। इनमें समरस्काइट फर्ग्युसनाइट तथा पाइरोक्लोर वर्ग के खनिज मुख्यतया विरल मृदा, टाइटेनियम, यूरेनियम, थोरियम आदि के आक्साइड हैं पेग्मेटाइट मूल के खनिजों की मुख्य उपलब्धि माइका क्षेत्र में है, जहाँ ये पूर्व कैम्ब्रियन काल के माइका, नीस तथा क्वार्ट्जाइ के साथ पाये जाते हैं। बिहार का माइका क्षेत्र गया के पश्चिम भाग से लेकर हजारीबाग, मुंगेर होते हुए भागलपुर के पूर्व भाग तक लगभग 150 कि.मी. लम्बाई तथा 20-25 कि.मी चौड़ाई में फैला हुआ है। राजस्थान का माइका क्षेत्र जयपु तथा उदयपुर जिलों में लगभाग 300 कि.मी. लम्बाई औ 100 कि.मी. चौड़ाई में है। आन्ध्र प्रदेश का माइका क्षेत्र इनकी तुलना में छोटा है।

पेग्मेटाइट से यूरेनियम या थोरियम की प्राप्ति वर्तमान स्थिति में आर्थिक दृष्टि से लाभप्रद नहीं है, क्योंकि पेग्मेटाइट मूल के इनके खनिजों की कुल मात्रा अधिक नहीं है। वैसे ह माइका में औसतन $0.1\% U_3O_8$ और क्रायोलाइट मे $5\text{-}11\%$ U_3O_8 उपस्थित रहता है।

जल-तापीय अवशिष्ट

जल-तापीय अवशिष्टों के लिए बिहार का सिंहभूम तांब क्षेत्र महत्त्वपूर्ण है। इसमें सुंगरी के पास मैग्नेटाइट-एपेटाइ शिलाओं में यूरेनियम खनिज विद्यमान है। ये शिला पूर्व-कैम्ब्रियन काल के लौह अयस्क श्रेणी से संबंध रखत हैं। इस प्रकार के अन्य खनिजों में माइका के साथ फाइलाइट, क्वार्ट्जाइट प्रमुख हैं। जल-तापीय अवशिष्टों की उपलब्धि धनजोरी, गारानाला-मासाबनी, गोहला, पाथरगोरा, भटीन-तिरूकोचा आदि स्थानों के समीप है। सिंहभूम क्षेत्र में तांबे और यूरेनियम में स्थानीय सम्बन्ध के अतिरिक्त, उद्भव जन्य सम्बन्ध भी है। ऐसा देखा गया है कि जहाँ तांबे की खानें हैं, वहाँ यूरेनियम खनिजों का सान्द्रण कम है, उदाहरण स्वरूप राखा खान तथा रोआम-सिद्धेश्वर क्षेत्र। इस प्रकार जादुगुडा यूरेनियम खान क्षेत्र में तांबे के खनिज कम ही पाये जाते हैं। सल्फाइड एवं यूरेनियम अयस्क एक ही क्षेत्र के भिन्न भूमि स्तरों में अथवा एक ही भूमि-संरचना के भिन्न भागों में प्राप्त हो सकते हैं, उदाहरण के लिए, जादुगुडा और केरूआ डुंगरी के यूरेनियम लौह प्रस्तर खंडों की निचली दीवारों प पाइराइट और पाइरोटाइट की उपस्थिति से यह सिद्ध होत

। जादुगुडा और भटीन खानों में यूरेनियम के साथ मालिब्डेनम था निकेल की उपस्थिति भी देखी गयी है।

यूरेनियम खनिज की उपस्थिति को ध्यान में रखते हुए, त क्षेत्र को साधारणतया तीन प्रभागों में बाँटा जा सकता :

क) पूर्वी प्रभाग, जिसमें ये खनिज मैग्नेटाइट और ऐपेटाइट के साथ विश्रंखल रूप से एक स्थान पर थोड़ी मात्रा में पाये जाते हैं, जैसे खदान डुंगरी (धन तुप्पा) में,

ख) मध्य प्रभाग, जिसमें ये खनिज स्पष्ट निर्धारण योग्य अयस्क खंडों के रूप में पाये जाते हैं, जैसे जादुगुडा और भाटिन में,

ग) पश्चिम प्रभाग, जिसमें ये क्लोराइट-सेरिकाइट के साथ पाये जाते हैं, जैसे नरवा पहाड़ और केरूआ डुंगरी में।

यूरेनियम के उत्पादन के लिए मध्य एवं पश्चिमी प्रभाग महत्त्वपूर्ण हैं, जहाँ अयस्क खंड पर्याप्त मात्रा में और गहराई तक उपलब्ध है।

एक आकलन के अनुसार, जादुगुडा, नरवा पहाड़, भाटीन, केरूआ डुंगरी और कन्यालुका खानों में जो रेडियो सक्रिय अयस्क निश्चित रूप से उपलब्ध हो सकता है, उसमें 0.05-0.07% U_3O_8 की मात्रा होगी। मोसाबनी, राखा और सुरदा-ग्राम-सिद्धेश्वर की तांबा खानों से उप-प्रतिफल के रूप में यूरेनियम की प्राप्ति की संभावना भी आर्थिक दृष्टि से विचारणीय हो सकती है।

यह जानते हुऐ कि भारत में उच्च गुणवत्ता के यूरेनियम खनिजों की कमी है, अभी हम ऐसे खनिजों से काम चला रहे हैं जिनमें कम से कम 0.05% U_3O_8 है। भविष्य में यह स्तर 0.04% U_3O_8 तक भी आ सकता है।

जहाँ तक कुल यूरेनियम खनिजों की उपलब्ध होने वाली मात्रा के आकलन का प्रश्न है, यह सर्वेक्षण की गुणवत्ता के स्तर पर निर्भर करता है। जादुगुडा प्रक्षेत्र में 600 मी. की गहराई तक तथा मोसाबनी प्रक्षेत्र में 1600 मी. की गहराई तक यूरेनियम खनिजों के प्राप्त होने की संभावना है।

सिंहभूम में यूरेनियम खनिजों के विभिन्न प्रक्षेत्र

नरवा पहाड़ : नरवा पहाड़ में यूरेनियम खनिजों का सबसे बड़ा भंडार है, जो गारा नाला के पश्चिम में स्थित है। इस प्रक्षेत्र में खुन-डुंगरी, मुख्य नरवा पहाड़, सिंगरी डुंगरी तथा बाना डुंगरी प्रखंड हैं जिनकी अलग विशेषताएं है। 700 मी. गहराई तक कुल आकलित भंडार 140 लाख टन हैं जिसमें U_3O_8 की मात्रा औसतन 0.057% है।

गाराडीह : इस प्रक्षेत्र में सतह पर 0.012% U_3O_8 मात्रा वाले खनिज उपलब्ध हैं। 100 मी. गहराई पर U_3O_8 का प्रतिशत बढ़कर 0.05% हो जाता है। इस गहराई तक आकलित मात्रा लगभग 10 लाख टन है।

रामचन्द्र पहाड़ और नानडुप : इन प्रक्षेत्रों में यूरेनियम खनिजों की मात्रा तथा गुणवत्ता निम्न कोटि की है।

केरूआ डुंगरी : इस प्रक्षेत्र में दो स्थान महत्त्वपूर्ण हैं। यहाँ के खनिज 30-50 मी. गहराई तक निम्न कोटि के हैं। इसके नीचे गुण में वृद्धि होती है और U_3O_8 का औसत प्रतिशत 0.046 तक आ जाता है। 110 मी. की गहराई तक खनिज की आकलित मात्रा लगभग 10 लाख टन है।

तुरमडीह और महुलडीह : इन प्रक्षेत्रों के भंडार निम्न कोटि के हैं।

विरिलडीह और आमडीह : इन प्रक्षेत्रों के रेडियो सक्रिय खनिजों में यूरेनियम से थोरियम की मात्रा अधिक पायी गयी।

तामा डुंगरी : इस प्रक्षेत्र से प्राप्त खनिजों मे 0.15% तांबा और 0.016 से 0.03% मालिब्डेनम ट्राइ-आक्साईड पाया गया। केवल सिमुलबेरा प्रखंड में 0.096% U_3O_8 उपलब्ध है।

विजय पश्चिम : इस प्रक्षेत्र में कम गहराई से प्राप्त नमूनों में U_3O_8 लगभग 0.04% पाया गया। इसके अतिरिक्त, थोरियम और मालिब्डेनम ट्राई-आक्साईड भी प्राप्त हुआ।

उकरी : यहाँ एक छोटा भंडार मिला, जिसमें U_3O_8 लगभग 0.016% पाया गया।

नील मोहनपुर : 750 मी. लम्बी और 3-6 मी. चौड़ी पट्टी में 0.03% U_3O_8 वाला रेडिओ सक्रिय खनिज पाया गया।

सकाडीह : इस प्रक्षेत्र से कदमडीह, आननडीह, रामचन्द्पुर, जोजोडीह, सकडीह और गालूडीह स्थानों से होते हुए लगभाग 9 कि.मी. तक रेडियो सक्रिय खनिज मिले, जिनमें U_3O_8 लगभग 0.044% मिला।

महली मुरूप : यहाँ टूर्मेलाईन-क्लोराइट क्वार्ट्ज शिलाओं में 0.04% ThO_2 और 0.006% U_3O_8 प्राप्त हुआ।

लोप्सा बुरु : लगभग 300 मी. की लम्बाई में, जहाँ पहले तांबे की खदान थी, यूरेनियम के कारण रेडिओ सक्रियता पायी गयी।

लोटा पहाड़ : यहाँ प्राप्त रेडियो सक्रिय खनिजों से 0.0119% और 0.01% U_3O_8 की प्रप्ति हुई।

जादुगुडा : जादुगुडा जमशेदपुर से दक्षिण-पूर्व दिशा में करीब 50 कि.मी. पर स्थित है। इस क्षेत्र में विस्तृत रूप से सर्वेक्षण कार्य किया गया है। यहाँ 600 मी. की गहराई तक खनिज की पर्याप्त उपलब्धि है जिसमें मुख्य युरेनिनाइट है जो ऑटोनाइट और टार्बरनाइट के साथ पाया जाता है। सतह से 425 मी. गहराई तक आकलित भंडार 40 लाख टन के लगभग है जिसमें 0.067% U_3O_8 है। यहाँ यूरेनियम कारपोरेशन ऑफ इंडिया लिमिटेड के अन्तर्गत 1000 टन खनिज को परिष्कृत करने की क्षमता वाले संयंत्र की स्थापना की गयी है।

तिरूकोचा : यहाँ से प्राप्त खनिज में 0.064% U_3O_8 पाया गया। सतह से 180 मी. तक आकलित भंडार लगभग 10,000 टन है।

माटिन : इस प्रक्षेत्र में 300 मी. की गहराई तक के आकलन के अनुसार 10 लाख टन रेडिओ सक्रिय खनिजों का भंडार उपलब्ध है, जिसमें 0.047% U_3O_8 पाया गया। इसके अतिरिक्त, कुछ नमूनों में 0.29 से 0.89% निकेल और 0.012 से 0.579% मालिब्डेनम भी प्राप्त हुआ।

नीमडीह : लगभग 200 × 2 मी. के क्षेत्रफल प्राप्त खनिज में 0.042% U_3O_8 मिला। कुल भंडार 1,20,000 टन आकलित किया गया।

राजदह : राजदह और गोरा नाला के बीच रेडियो सक्रियता पायी गयी।

धनतुपा (पूर्व) : धनतुपा जादुगुडा से लगभग 27 कि.मी. दक्षिण-पूर्व में स्थित है। यहाँ प्राप्त ऐपेटाइट-मैग्नेटाइट क्वार्ट्ज शिलाओं में मैग्नेटाइट की वृद्धि के साथ यूरेनियम की मात्रा में भी वृद्धि पायी गयी। लगभग 200 मी. की गहराई तक आकलित भंडार 6,30,000 टन है जिसमें 0.05% U_3O_8 उपलब्ध है।

तातयापारा : यहाँ बायोटाइट खनिज के प्राप्ति स्थानों पर रेडियो सक्रियता पायी गयी।

खेजुरदरी : यहाँ 200 मी. की गहराई तक 700 मी. लम्बे कार्य स्थल से प्राप्त खनिज में 0.03% U_3O_8 मिला।

सिंगपुरा : खेजुरदरी से लगे हुए इस क्षेत्र में भी रेडियो सक्रियता पायी गयी।

बहरगोरा : यहाँ जो रेडियो सक्रियता पायी गयी, वह गहराई के साथ बढ़ती नहीं है तथा बायोटाइट और ग्रेनाइट के साथ विश्रंखलित है।

रोआम-सिद्धेश्वर-राखाखदान-तामा पहाड़ : इन स्थानों पर तांबे के अयस्कों के साथ यूरेनियम के यौगिक पाये गये। यूरेनिय लौह खनिजों में 0.02 से 0.087% U_3O_8 उपलब्ध है जबकि तांबे की प्राप्ति 2% तक है, इसलिए तांबे के उत्खन के उप-प्रतिफल के रूप में ही यूरेनियम प्राप्त किया जा सकत है।

चिरूडीह और पूर्नापानी : ये स्थान राखा खदान के पूर्व स्थित है। यद्यपि यहाँ के रेडियो सक्रिय नमूनों में 10% त U_3O_8 प्राप्त हुआ, लेकिन खनिज मात्रा इतनी कम तथ विश्रंखलित है कि आर्थिक दृष्टि से इसकी उपादेयता नहीं है।

सुर्दा : सतह से 200 मी. की गहराई तक का आकलित भंडा लगभग 100 टन के बराबर है। यहाँ यूरेनियम यूरेनिनाइ खनिज के रूप में मिलता है जिसमें U_3O_8 की मात्रा 0.0 से 0.045% है।

पथरगोरा : यहाँ से प्राप्त खनिजों में रेडियो सक्रियता पायी गयी लेकिन भंडार क्षमता नगण्य पायी गयी।

बराडीह-मोसाबनी-बडिया खदान : बडिया खदान में तांब और यूरेनियम साथ-साथ मिलता है, लेकिन मोसाबनी में तांबे की अपेक्षा यूरेनियम ज्यादा है जो यूरेनिनाइट रूप में पाया जाता है। इसमें U_3O_8 0.024 से 0.09% तक है।

मेनाझरिया-फूलझरी-बगजटा-बकरा-बराडीह : इस क्षेत्र में रेडियो सक्रियता पायी गयी। आर्थिक दृष्टि से इस क्षेत्र से प्राप्त खनिज की उपादेयता के लिए पूर्णरूप से खोज आवश्यक है।

गोहला : लगभग 300 मी. लम्बे और 1.5 मी. चौड़े कार्य-स्थल से प्राप्त नमूनों में 0.015 से 0.02% U_3O_8 पाया गया।

भल्की-कनियालुका : इस प्रक्षेत्र में 1500 मी. लम्बे तथा 1.5 से 2 मी. चौड़े कार्य-स्थल में यूरेनिनाइट तथा टोर्बरनाइट खनिज पाये गये। इनमें 0.045 से 0.050% तक U_3O_8 मिला। साथ ही, 0.01% ThO_2 भी पाया गया। सतह से 330 मी. गहराई तक आकलित भंडार 1,45,000 टन के बराबर है।

पूरन डूंगरी : यहाँ 330 मी. लम्बे कार्य-स्थल पर रेडियो सक्रियता पायी गयी।

राष्ट्र हित को देखते हुए बिहार में उपलब्ध नाभिकीय खनिजों के व्यापक सर्वेक्षण, उत्खनन एवं परिशोधन की परियोजनाओं में विस्तार की आवश्यकता है।

□

ाभिनीय ऊर्जा के उपयोग

अरविन्द कुमार पाण्डेय,
विज्ञान एवं प्रावैधिकी विभाग,
बिहार सरकार, पटना

लगभग सौ वर्ष पूर्व ब्रिटेन के पेटेन्ट ऑफिस को बन्द
े का प्रस्ताव ब्रिटेन सरकार के विचारार्थ रखा गया था।
का आधार यह बताया गया था कि जितने भी महत्वपूर्ण
ानिक आविष्कार हो सकते थे, पेटेन्ट हो चुके हैं और अब
ष्य में और पेटेन्ट की आवश्यकता नहीं होगी। इतिहास
ी है कि यह विचार कितना अर्थहीन था। आज के सन्दर्भ
ेखने पर सभी महत्वपूर्ण चीजें उसके बाद की आविष्कृत
त होती हैं।

वर्तमान में नाभिकीय संरचना के सम्बन्ध में भी एक संतृप्तता
स्थिति आ गयी-सी प्रतीत होती है। तत्वों की आवर्त
णी काफी सीमा तक भरी जा चुकी है और उसके प्रत्येक
ा तथा समस्थानिक के गुणों के सम्बन्ध में विस्तृत जानकारी
लब्ध है। उसमें से प्रत्येक की नाभिकीय संरचना के बारे
ी तथ्य उपलब्ध हैं। नित नये कण-त्वरकों द्वारा नाभिकीय
ना की और अधिक विस्तृत जानकारी ली जा रही है,
ससे नाभिकीय ऊर्जा के बेहतर दोहन में इस्तेमाल होने की
ा है। इस प्रकार, नाभिकीय ऊर्जा की सैद्धान्तिक संभावना
ंस्टीन के समीकरण $E = mc^2$ से सिद्ध होती है, किन्तु
सैद्धान्तिक संभावना को वास्तविकता में बदलने की प्रावैधिकी
echnology) काफी जटिल है और इसकी सीमाएं हैं। इन
ाओं का आदर करते हुए क्रान्तिक संहति तथा विकिरण
खतरों से बचाव करते हुए ऊर्जा सृजन का रिएक्टर काफी
ीला है। इसमें तब तक कोई गम्भीर अन्तर नहीं पड़ सकता,
तक पदार्थ की रचना के सम्बन्ध में हमारी समझ के स्तर
ोई क्रान्तिकारी प्रगति नहीं हो जाती। यह बात विकासशील
ं के लिए और भी महत्वपूर्ण है, जहाँ जीवन की मूलभूत
श्यकताओं की पूर्ति के लिए संघर्ष युद्ध स्तर पर चल
है और अधिकांश आर्थिक संसाधनों का उपयोग भोजन,
ास तथा चिकित्सा और पेयजल की समस्याओं के निराकरण
लिए करने की बाध्यता है। जब तक उपरोक्त निरोधों को
ाप्त नहीं किया जाता है, तब तक बड़े पैमाने पर इसके
ोग करने में कठिनाइयां बनी रहेंगी। हमें आशा करनी चाहिए
कि जिस प्रकार पिछले सौ वर्षों में कल्पनातीत प्रगति विज्ञान एवं आविष्कारों के क्षेत्र में हुई है, संभवत: भविष्य के गर्भ में ऐसी अनेक संभावनाएं छिपी हुई हैं और उनका पता लगाया जाना है, किन्तु इसके लिए हमें पदार्थ की मूल संरचना पर और अधिक शोध एवं विकास की ओर ध्यान देना होगा।

आखिर मौलिक अनुसंधान क्या है? प्रकृति की घटनाओं के बारे में हमारे जो भी प्रेक्षण होते हैं, उनके आधार पर मानव मास्तिष्क देखी या महसूस की जाने वाली वस्तुओं का एक मॉडल बनाता है। वृहत्तर परिप्रेक्ष्य में यही कार्य वैज्ञानिक भी करता है, जैसे नील्स बोहर का परमाण्विक मॉडल एक मॉडल है। यह मॉडल कुछ प्रेक्षणों को समझने में सफल होता है और चूँकि यह परम सत्य नहीं होता है, अत: कहीं असफल भी होता है। उन असफलताओं और नये प्रेक्षणों को समझने के लिए इससे अधिक विकसित मॉडल की आवश्यकता होती है। किन्तु क्या कोई मॉडल कभी पूर्ण हुआ है? संभवत: नहीं। जब इन मॉडलों का प्रयोग मानव सुख सुविधा हेतु नये आविष्कार में होता है, तो यह प्रावैधिकी या प्रयुक्त विज्ञान कहलाता है। इसकी अपनी सीमाएं होती हैं। हमारी आज की सीमाएं अब तक की जानकारी के आधार पर हैं। यह दोहराने की आवश्यकता नहीं कि जहां हमने परमाणु को पदार्थ के कणों के रूप में समझना शुरू किया था, अब नाभिक को न्यूट्रान, प्रोटान तथा अन्य कणों में विश्लेषित करने के बाद, इनकी भी आन्तरिक संरचना इनसे सूक्ष्मतर मौलिक कणों के रूप में समझने की प्रकिया दूर तक पहुँच चुकी है। सिद्धान्तों के सम्बन्ध में आधुनिक बीजगणित के प्रवेश पृष्ठ पर जो विवरण दिया है, उसके अनुसार कोई भी सिद्धान्त तर्कों का एक ऐसा क्रम है जिसकी शुरुआत कुछ अपरिभाषित पद तथा कुछ असिद्ध अभिधारणाओं से की जाती है, और इन दोनों के आधार पर परिणाम प्राप्त किये जाते हैं, उदाहरणार्थ, बोहर के मॉडल में इलेक्ट्रॉन तथा प्रोटॉन के अपरिभाषित पद के और अन्य भौतिकी के नियमों के साथ-साथ, कोणीय आवेग का प्रमात्रीकरण एक असिद्ध अभिधारणा थी। इसके परिणाम वास्तविक वर्णक्रम रेखाओं

से मिलते थे, इसी कारण से यह मॉडल सफल माना गया। इसमें एक और गुण यह था कि कुछ ही मूल संकल्पनाओं से एक बड़ी संख्या में वर्णक्रम रेखाओं का सृजन समझ में आ जाता है। पूर्व काल में वैज्ञानिकों को यह विश्वास था कि इसी प्रकार पदार्थ के कुछ मूल कणों की जानकारी हो जाने पर सारे तत्वों और उनके समस्थानिकों की नाभिकीय संरचना ज्ञात हो सकेगी, किन्तु एक बार जब इन मूल कणों की संख्या बढ़नी शुरू हुई, तो बढ़ती ही गयी। वैज्ञानिकों ने इस पर प्रश्न किया है कि यदि किसी सिद्धान्त में मौलिक संकल्पनाओं की संख्या उसके द्वारा स्पष्ट किये जा सकने वाले परिणामों की संख्या से अधिक हो, तो क्या वह एक सफल सिद्धान्त कहा जा सकता है? यह एक अनुत्तरित प्रश्न है और यह इंगित करता है कि पदार्थ की संरचना के सम्बन्ध में अभी काफी कुछ करने की आवश्यकता है। यदि ऐतिहासिक पृष्ठभूमि में मूल कणों का विकास देखा जाय, तो

1) भूमि, जल, वायु और आकाश — चार तत्वों का सिद्धान्त,
2) अणु का सिद्धान्त, बाद में परमाणुओं से मिलकर अणु बना हुआ माना गया,
3) बोहर का परमाण्विक मॉडल,
4) नाभिकीय संरचना,
5) अन्त:नाभिकीय कणों की खोज,
6) क्वार्क।

एक के बाद एक हमारी तत्व के बारे में संकल्पना में क्रमश: सुधार को इंगित करते हैं। इस सारी खोज में वैज्ञानिक यह मानकर चले हैं कि जो कण ज्ञात है, वह किन्हीं अन्य मूलतर कणों से मिलकर बना है। अब यदि कोई नया सिद्धान्त आना है, तो उसे न सिर्फ कम से कम संकल्पनाओं पर आधारित होना होगा, बल्कि यह भी समझाने में सफल होना होगा कि ये उपरोक्त मॉडल केसै सफल रहे (संगति सिद्धान्त)। इस दिशा में कुछ वैज्ञानिकों का ऐसा विचार है कि जिस तरह प्रमात्रा यांत्रिकी ऊर्जा के विविक्त स्तरों को आइगन-स्टेट्स के रूप में समझ लेती है, उसी प्रकार कोई ऐसा परिसीमा प्रतिबन्ध होगा जो वर्तमान सामान्य सापेक्षवाद के अन्तर्गत समयकाल में कणों की संहति तथा उनके आवेश के कुछ निश्चित मान का निर्धारण करेगा। ये मान वही होंगे जो वर्तमान मूल कणों के लिए हैं।

प्रख्यात वैज्ञानिक, पी. ए. एम. डिराक ने एकाधिक व एक परिकल्पना दी थी कि विश्व की बड़ी तथा महत्वप संख्याएं आपस में सम्बद्ध होती हैं। इसके आधार पर उन्ह दिखाया कि विश्व का आकार तथा परमाणुओं के आव का जो अनुपात है, वह किसी प्रकार इनकी संहतियों के अनुपा विद्युत - चुम्बकीय शक्ति तथा गुरुत्वाकर्षण बल के अनुप आदि से सम्बद्ध है। इस दिशा में यह तथ्य भी ध्यान योग्य है कि पदार्थ की संरचना के ऊपर वर्णित सिद्धान्त यदि कोई परिसीमा प्रतिबन्ध होगा, तो वह ब्रह्माण्डीय ही सकता है। इस प्रकार, इस सिद्धान्त में दो मूल लंबाइयां आ हैं; एक तो हब्बुल का नियतांक जो ब्रह्माण्ड के आकार द्योतक है, और दूसरी गुरूत्वाकर्षणीय लम्बाई जो c,h,(तथा मूल नियतांकों से मिलकर बनी है। इन दोनों का अनुपा लगभग 10^{60} आता है जो प्राकृतिक लघुगुणक के आध को प्रयोग में लाने पर e^{137} के लगभग होता है। 137 विद्युत चुम्बकीय शक्ति का नियतांक $1/\alpha$ है और इस प्रक इसका पाया जाना अकस्मात डिराक के बृहत्संख्या सिद्धा में एक कड़ी जोड़ देता है।

क्या वास्तव में $1/\alpha$ को इस प्रकार के परिसीमा प्रतिबं से व्युत्पन्न करना संभव है? यदि है, तो इसकी पृष्ठभूमि ए ऐसे गुरुत्वाकर्षण प्रमात्रीकृत सिद्धान्त में होगी, जो ब्रह्माण के आकार और प्रकृति को भी विचार में सम्मिलित कर सके

ऊपर वर्णित मूल कणों का प्रस्तावित सिद्धान्त अब त के वैज्ञानिक अनुभव के आधार पर एक अनुमान माना ज सकता है, क्योंकि यह तो भविष्य ही बतायेगा कि हमारा पदार्थ के बारे में अगला मॉडल जो होगा, उसकी विस्तृत रूप रेख क्या होगी, किन्तु ऊपर के विश्लेषण से उस प्रसंगाधीन सिद्धान्त की एक झलक मिलती है। विज्ञान तथा तकनीकी एक दूसं से अत्यन्त निकट से सम्बन्धित हैं। तकनीकी वास्तव में विज्ञा का उपयोग है और प्रकारान्तर से विज्ञान की सैद्धान्तिव अवधारणाओं के परिशोधन हेतु उच्च तकनीकी के प्रयोगों क अनिवार्यता है। समय के साथ दोनों की प्रगति होनी है, होग और हमें इसमें से किसी में भी पीछे नहीं रहना है।

ाभूषक पौधे एवं समस्थानिक

हीरामणि जुगरान एवं डॉ. सु. कु. दत्त
उत्परिवर्तन प्रजनन प्रयोगशाला
राष्ट्रीय वनस्पति अनुसंधान संस्थान, राणा प्रताप मार्ग, लखनऊ - 226001

कृति ने समस्त जैविक विकास को जीवद्रव्य एवं पैत्रक ी की उथल-पुथल में निरूपित किया है। पैत्रक पदार्थ बसे महत्वपूर्ण इकाई गुणसूत्र होते हैं। अनुवांशिक दृष्टि णसूत्र ही नवजाति निर्माण के आधार हैं। रासायनिक दृष्टि . एन. ए. (डी आक्सीराइबो न्यूक्लिक एसिड) अणुकोश ा में गुणसूत्र हो होते हैं। डी. एन. ए की अनेक व्यवस्थाओं जीन (पित्रैक) बनते हैं (चार्ट-1)। इस प्रकार ये जीन मस्तगुणों एवं कार्यों को संपादित करते हैं। जीन संरचना प्रकार के न्यूक्लियोटाइड, एडनिन, गुएनिन, थाइमिन एवं ासिन के विभिन्न क्रमिक बन्धनों से होती है। इन समस्त ांशिकी इकाइयों पर आयनीकारक विकिरण उत्सारक ानिकों से निकलने वाली विकिरण ऊर्जा का गहरा प्रभाव है, उदाहरणार्थ कोबाल्ट - 60 समस्थानिक से ानेवाली गामा किरणें आयनीकारक विकिरण होती हैं और ेक स्तर पर जीवद्रव्य में उपस्थित जल में फ्रीरेडिकल ायन बनाने के साथ-साथ, गुणसूत्रों में परिवर्तन कर ं। गुण सूत्रों में बनावट की दृष्टि से निम्न परिवर्तन हो हैं (चार्ट - 3)।

थानांतरण - इसमें गुणसूत्रों के हिस्सों का स्थानांतरण एक से दूसरे स्थान को हो जाता है,

पवर्तन - किसी हिस्से का गुणसूत्र के अन्दर उलट जाना,

ूनता या अपमार्जन - किसी हिस्से का गुणसूत्र से टूटकर हो जाना या कमी हो जाना,

ुगुणन - गुणसूत्र के अंदर एक ही संरचना की पुनरावृत्ति ा।

वद्रव्य एवं गुणसूत्रों की उथल-पुथल के अतिरिक्त, ानिकों की आयनी कारक विकिरण ऊर्जा आण्विक स्तर . एन. ए. अणु एवं जीन को भी प्रभावित करती है। किसी जीन संरचना के द्विगुणन में त्रुटि आ जाती है या ोटाइड की स्थिति, क्रम एवं व्यवस्था में किसी भी प्रकार ेवर्तन आता है, तो इस प्रकार से परिवर्तित जीन द्वारा ा होने वाले गुणों में भी परिवर्तन आ जाता है और ानिक ऊर्जा के प्रभाव से नयी किस्म का सृजन हो जाता समस्त नवकिस्म सृजन क्रिया को उत्परिवर्तन प्रजनन ाता है जिसमें कि काईमिरा (चित्रोति) का महत्वपूर्ण स्थान है (चार्ट-2)।

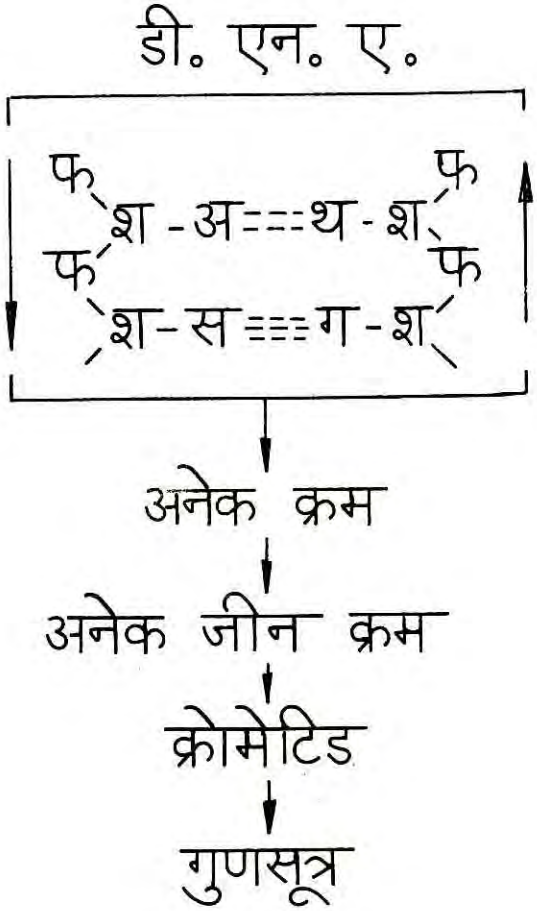
समस्थानिकों की ऊर्जा प्रेरण से पौधों में आंतरिक एवं पैत्रक पदार्थ उथल-पुथल के साथ-साथ, वाह्य गुण प्रदर्शन में काइमिरा (चित्रोति) उद्भवन का महत्वपूर्ण स्थान है। काइमिरा शब्द का मतलब होता है कि किसी भी पौधे में सामान्य गुण के साथ-साथ, किसी भिन्न गुण का प्रदर्शन हो जाना। विभूषक पौधों में एक ही पौधे में अलग तरह के फूल निकल जाना या हरी पत्तियों के साथ चित्तीदार या वेरीगेटेड पत्तियों वाली टहनी की उत्पत्ति हो जाना, नयी किस्मों के विकास के लिए महत्त्वपूर्ण होता है। भिन्न गुण वाले फूलों को या चित्तीदार पत्ती वाली टहनियों को परिपक्व होने पर अलग-अलग उगा कर उनके गुणों को आगे की पीढ़ियों में निरीक्षण-परीक्षण करके नये भिन्न गुण वाली किस्म का निर्माण हो सकता है।

समस्थानिकों की उपरोक्त ऊर्जा प्रभाव एवं उपयोगिता के कारण पौधों की नयी किस्मों के निर्माण हेतु कृषि एवं फल-फूल वाले पौधों पर विस्तार से कार्य हो रहा है तथा समस्थानिकों की विकिरण ऊर्जा के प्रभाव एवं उचित मात्राओं के प्रयोगों से अनेकों नये गुणों का पादप किस्मों में सृजन क्रम चल रहा है जो उदाहरण के लिए तालिका में दिखाया गया है।

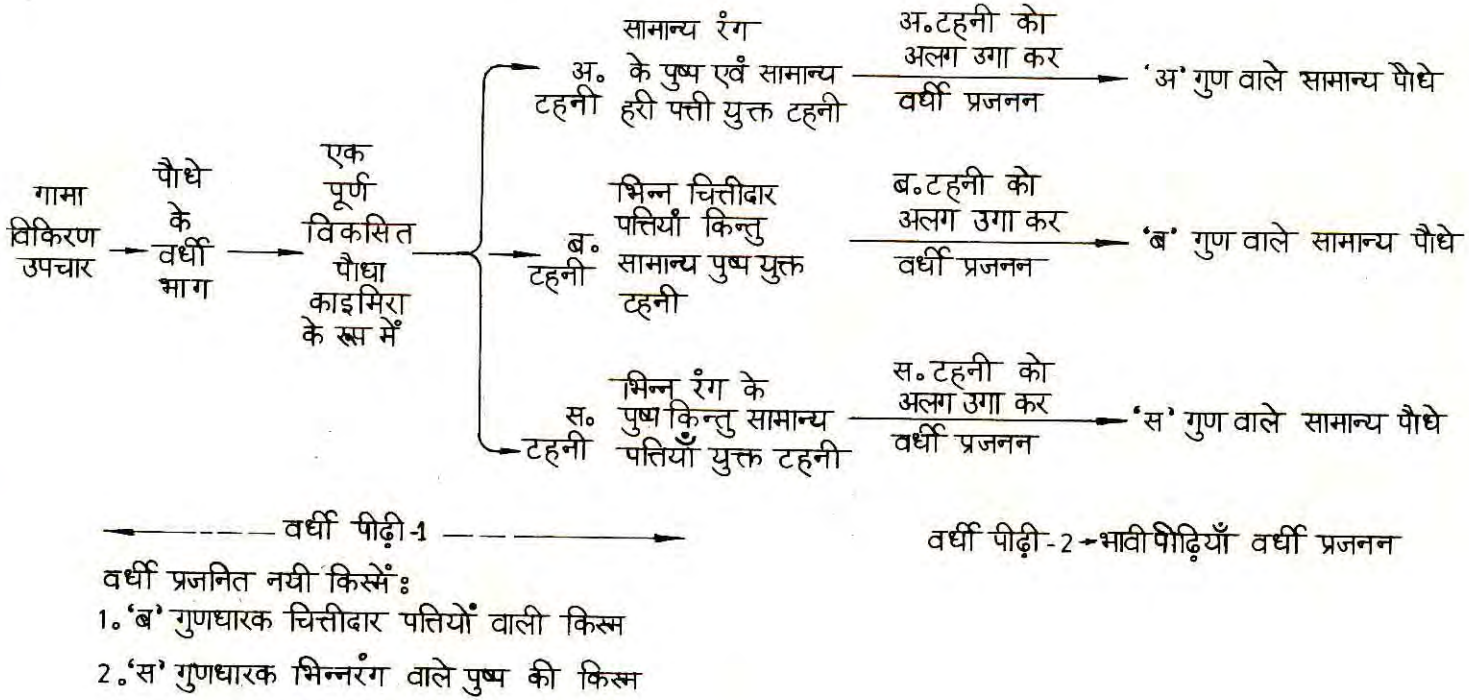
तालिका - राष्ट्रीय वनस्पति अनुसंधान संस्थान, लखनऊ में उत्परिवर्तन प्रजनन से वर्धी प्रजनित विभूषक (सजावटी) एवं अन्य पौधों का कोबाल्ट - 60 समस्थानिक से उत्सारित गामा किरणों द्वारा विकसित नयी उत्परिवर्तित किस्में :

क्र. सं.	पौधे का नाम	नयी किस्में
1.	गुलदाउदी	44
2.	गुलाब	10
3.	गुड़हल	1
4.	पैरीनियल पोरटुलाका	6
5.	रजनीगंधा	2
6.	लानटेना	3
7.	वोगेनविलिया	2
8.	चौकोनी सेम	2
	कुल	= 70

□



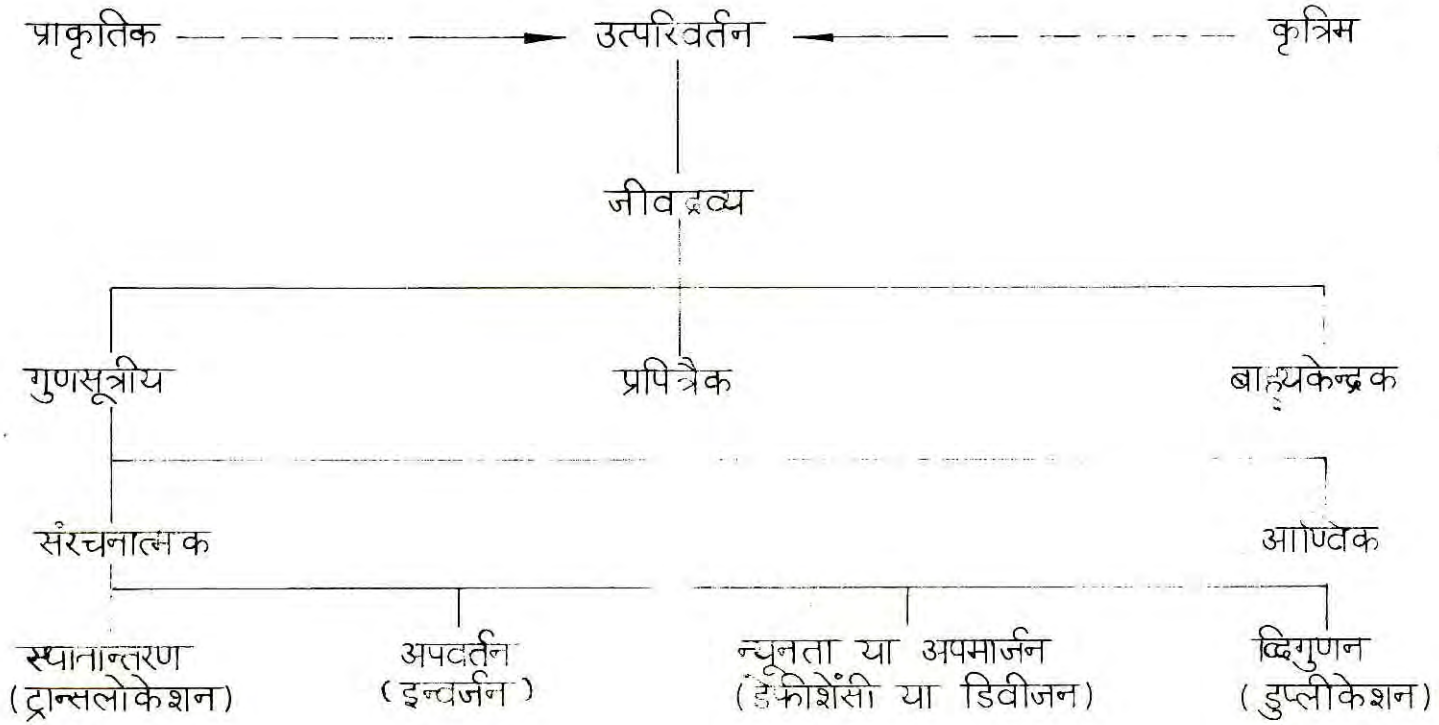
चार्ट.1. उत्परिवर्तन की मूल इकाइयों सहित गुण संरचना का आण्विक आधार



वर्धी प्रजनित नयी किस्में :

1. 'ब' गुणधारक चित्तीदार पत्तियों वाली किस्म
2. 'स' गुणधारक भिन्नरंग वाले पुष्प की किस्म

चार्ट. 2. गामा विकिरण उपचार से उत्पन्न काइमिरा (चित्रोति) से नयी किस्मों का निर्माण



चार्ट 3- उत्परिवर्तन वर्गीकरण की संक्षिप्त रूपरेखा

भाभा परमाणु अनुसन्धान केन्द्र समाचार

प्रौद्योगिकी हस्तान्तरण

प. अ. केंद्र हमारे देश का एक अग्रणी और अनूठा है। यहाँ शोध और विकास कार्य निरंतर चलता रहता ै नवीन विधियों, रसायनों, यंत्रों, दवाइयों आदि के में नित नवीन जानकारी विकसित होती रहती है। इनमें सफल प्रक्रियाओं का उपयोग नाभिकीय क्षेत्र में ही न कई अन्य उद्योगों में भी किया जासकता है, अत: ा लाभ जन - जन तक पहुँचाने की दृष्टि से, इनसे त संपूर्ण जानकारी देश के विभिन्न व्यापारिक संस्थानों समझौते के अंतर्गत हस्तान्तरित कर दी जाती है। ये यंत्रों या प्रक्रियाओं/विधियों को अपना कर अपनी लागत कम कर सकते हैं, अथवा इनका उपयोग करके ायन, यंत्र, दवाइयाँ आदि बनाकर देश - विदेश में ते हैं। इस केन्द्र ने नयी विकसित कई तकनीकों का समय पर हस्तान्तरण किया है। कुछ महीनों पहले खित प्रौद्योगिकियों की जानकारी इस केन्द्र ने व्यापारिक को हस्तान्तरित की है।

घटकों की पहचान हेतु किटें

उद्योगों में प्रयुक्त इस्पात के बारे में यह जानना आवश्यक है कि वह मोलिब्डेनम युक्त या मुक्त इस्पात है? मियम या/और निकेल है या नहीं? कभी - कभी क समय, या इस्पात से विभिन्न वस्तुओं के निर्माण कई प्रकार के इस्पात मिश्रित हो जाते हैं, तब यह आवश्यक हो जाती है। इस्पात - विश्लेषण की विधियाँ अधिक समय तो लेती ही हैं, साथ - ही ा जाने वाले नमूनों को नष्ट भी कर देती हैं। ये विनाशी कहलाती हैं, अत: ऐसी विधियाँ जो समय कम लेती संभवत:अविनाशी हों, बहुत आवश्यक हैं।

न्द्र के विश्लेषणात्मक रसायनिकी प्रभाग द्वारा विकसित किटों के प्रयोग से मोलिब्डेनम युक्त इस्पात को म मुक्त इस्पात से, एवं स्टेनलेस इस्पात को जिसमें और निकेल धातुएं होती हैं, अन्य मिश्रधातु इस्पातों रीक्षणों द्वारा आसानी से अलग पहचाना जासकता है। यह कार्य अर्ध - कुशल कर्मचारी भी शीघ्रता से कर सकता है। इन किटों में मानक इस्पात के नमूने भी रखे गये हैं जिनके परीक्षण द्वारा प्राप्त रंगों से तुलना करके परीक्षित इस्पात - नमूनों में मोलिब्डेनम, क्रोमियम और निकेल की मात्रा अर्ध - मात्रात्मक रूप में ज्ञात की जासकती है।

इन किटों की प्रौद्योगिकी का हस्तांतरण 13 अप्रैल, 1992 को सर्वश्री दीपक टूल्स हीट ट्रीटर्स, मैसूर को इनके उत्पादन हेतु किया गया। यही प्रौद्योगिकी पहले सर्वश्री ताम्बी स्टील (इण्डिया) प्रा. लि., तमसर को भी हस्तांतरित की गयी थी।

विकिरण - मात्रा मापन हेतु फास्फर पाउडर निर्माण प्रौद्योगिकी

नाभिकीय संस्थानों में कार्यरत कर्मचारियों, विकिरण द्वारा संशोधन करनेवाले वैज्ञानिकों, विकिरण से इलाज करनेवाले डाक्टरों, अथवा विकिरण के किसी भी रूप में प्रयोग करनेवालों को मिलनेवाली विकिरण - मात्रा को मापना, अर्थात उनके विकिरण - उद्भासन का अनुवीक्षण करना अत्यन्त आवश्यक होता है, ताकि उनके स्वास्थ्य तथा विकिरण से उनकी सुरक्षा का पूरा ध्यान रखा जासके। इस हेतु सारे संसार में उच्च कोटि के 'ठोस अवस्था ताप - संदीप्ति मात्रा मापक' प्रयुक्त होते हैं। इन मात्रा - मापकों के निर्माण का मुख्य आधार अत्यन्त विकिरण सुग्राही फास्फर, डिस्प्रोसियम डोपित कैल्शियम सल्फेट ($CaSO_4.Dy$)होता है।

इस पदार्थ की निर्माण विधि का विकास रसायनिकी प्रभाग ने किया और पिछले पंद्रह वर्षों से यही प्रभाग इसकी आपूर्ति पूरे देश में करता आरहा था। अंतर्राष्ट्रीय बाजार में इसका मूल्य अधिक होने से इसके निर्यात से विदेशी मुद्रा अर्जित करने की भी पर्याप्त संभावनाएं हैं।

13 अप्रैल, 1992 को सर्वश्री रेनन टैक केमिकल्स प्रा. लि., बम्बई को इसकी निर्माण - विधि हस्तांतरित की गयी। □

उद्योग में रेडियोसमस्थानिक

ए. बी.
आइसोटो
भाभा परमाणु अनुसन्धान केंद्र, बम्बई - 40

परमाणु विद्युत उत्पादन के बाद, रेडियोसमस्थानिकों का विविध क्षेत्रों में उपयोग नाभिकीय प्रोद्योगिकी का दूसरा महत्वपूर्ण अंग है, यह कहना उचित होगा। आज उद्योग के हर क्षेत्र में रेडियोसमस्थानिक अपना महत्वपूर्ण योगदान दे रहे हैं। जन - सामान्य को रेडियोसमस्थानिक का वैद्यकीय क्षेत्र में, विशेषकर कैन्सर के उपचार में जो उपयोग किया जाता है, उसके बारे में पर्याप्त जानकारी है, किन्तु औद्योगिक क्षेत्र में जो उनके अतिमहत्वपूर्ण उपयोग हैं, उनके बारे में अधिक जानकारी नहीं है। यह कहना उचित होगा कि आज उद्योग के क्षेत्र में शायद ही कोई ऐसी इकाई होगी, जहाँ रेडियोसमस्थानिकों का उपयोग न होता हो। रेडियोसमस्थानिकों में कुछ ऐसी विशेषताएं हैं, जिनके कारण उनके उपयोग आसानी से किये जासकते हैं, और सामान्यतः इनके द्वारा जब प्रक्रिया - विश्लेषण या प्रक्रिया - मूल्यांकन किया जाता है, तब इकाई बंद नहीं करनी पड़ती, बल्कि उसकी सामान्य स्थिति में चलते समय ही सभी प्रक्रियाओं का मूल्यांकन हो सकता है।

रेडियोसमस्थानिक और स्थायी समस्थानिक रासायनिक दृष्टि से बिलकुल एक-जैसे होते हैं। इन दोनों का व्यवहार बिलकुल एक-जैसा ही होता है, किन्तु रेडियोसमस्थानिक से निलनेवाले विकिरणों का संसूचन और मापन पर्याप्त दूरी से और बड़ी मोटाई के बावजूद भी हो सकता है। इस तथ्य पर रेडियोसमस्थानिकों के अनुरेखक के रूप में किये जानेवाले सभी उपयोग आधारित हैं। इनमें रासायनिक प्रक्रियाओं का मूल्यांकन, रिसाव संसूचन, प्रवाह विश्लेषण आदि प्रमुख हैं।

रेडियोसमस्थानिकों से निकलनेवाले विकिरण जब किसी वस्तु को पार करते हैं, तब उनकी तीव्रता कम हो जाती है जो उस वस्तु की सघनता और उसके परमाणु क्रमांक पर निर्भर करती है। यदि सघनता या परमाणु क्रमांक अधिक हो, तो उस वस्तु को पार करके आनेवाले विकिरणों की मात्रा कम हो जाती है। इस तथ्य पर समस्थानिक रेडियोग्राफी, रेडियोमिति और समस्थानिक यंत्रीकरण, जैसे कि मोटाई मापक, सघनता मापक, स्तर दर्शक इत्यादि आधारित हैं।

जब समस्थानिकों के बड़े औद्योगिक स्रोत बनाये जाते हैं, तब उनसे निकलने वाले विकिरण बहुत - ही तीव्र और उनका उपयोग औद्योगिक रासायनिक संसाधन सकता है। इस तकनीक से काष्ठ - बहुलकों के निर्मा के बहिस्रावी मल के निरोगीकरण, रबड़ के संस्करण अं पदार्थों के किरणन में किया जारहा है। इन औद्योगि में कोबाल्ट - 60 और सीज़ियम - 137 का विस्तृत किया जाता है। इस प्रकार, रेडियोसमस्थानिकों के अं अनुप्रयोग जिन तीन तथ्यों पर आधारित हैं, उनकी च क्रमानुसार की जाएगी।

1.अनुरेखन: जैसा कि पहले बताया जा चु रेडियोसमस्थानिक अनुरेखक के रूप में लंबे समय में लाये जारहे हैं। अनुरेखन का एक महत्वपूर्ण औ उदाहरण है बंदरगाहों की गहराई का मापन और नि परिचालन का अध्ययन। नदियों से बाढ़ के समय पर्या में मिट्टी और रेत बंदरगाहों में जमा हो जाते हैं। इस को इकट्ठा करके समुद्र के किसी दूसरे स्थान में (बंद काफ़ी दूर) ले जाकर डाला जाता है। परन्तु, समुद्र में अ धाराओं के कारण कई बार यह निकाली हुई रेत में वापस आजाती है, और करोड़ों रूपयों का नुक जाता है। अनुरेखन अध्ययन में इस अवसाद में रेडियोसम युक्त रेत मिलायी जाती है, और यह चिन्हित रेत जहाँ सा अवसाद फेंका जाना है, वहाँ डाल दी जाती है। कुछ पश्चात, इस रेत का जी. एम. गणित्र द्वारा मापन किय है, और समुद्र की धाराओं का अनुमान और उनक मापी जाती है। इस प्रकार, अवसाद फेंकने के लि स्थान का चयन किया जाता है। इस अध्ययन में स्केन्डिय रेडियोसमस्थानिक का उपयोग किया जाता है। भारत बड़े बंदरगाहों का अध्ययन इसी प्रकार भा. प. अ. के किया गया है।

अनुरेखन का उपयोग जमीन के नीचे दबी हुई पाइ से होनेवाले रिसाव को खोजने में भी आजकल निर्या से हो रहा है।इसकी विधि बहुत - ही आसान है। प्रवाहित होनेवाले द्रव में रेडियोसमस्थानिक मिलाय है।रिसाव की जगह पर यह समस्थानिक बाहर आक

ल जाता है। कुछ समय बाद, पाइप से साधारण द्रव
ेत करके पाइपलाइन धोयी जाती है।अब पाइपलाइन के
- साथ जी. एम.गणित्र लेकर चलते हैं। जहाँ रिसाव होता
हाँ गणित्र विकिरण की उपस्थिति दिखा देता है।
नुरेखन अन्य कई क्षेत्रों में भी इसी प्रकार उपयोगी है।
जलप्रकल्पों में पानी के रिसाव और प्रवाह का मापन,
ं या समुद्र में फेंके गये अपशिष्ट का मापन और उसके
की खोज तथा उसका अनुमान, रासायनिक उद्योगों में
क्रियाओं का मूल्यांकन और अभिक्रिया उपकरणों में कारकों
वास - समय का मापन इत्यादि प्रमुख हैं। कास्टिक सोडा
वाली इकाइयों में पारे की सूची बनाने का काम आजकल
ंत रूप से रेडियोसमस्थानिकों द्वारा किया जारहा है। भारत
डियोसमस्थानिकों के विभिन्न उपयोगों से करोड़ों रूपयों
ंदेशी मुद्रा की बचत प्रतिवर्ष की जाती है।

डियोग्राफी : आजकल औद्योगिक क्षेत्र में गुणवत्ता एक
विशेषता बन चुकी है। वस्तुओं का सस्ता होना आवश्यक
न्तु इससे भी अधिक, वस्तुओं का बेहतर होना आवश्यक
द्योगों में जो यंत्र चौबीसों घंटे चलते रहते हैं, या जो
ोई विशेष काम करते हैं, उनकी गुणवत्ता अच्छी और
सनीय होनी चाहिए। आज रेडियोग्राफी द्वारा धातुओं की
, गढ़ाई और उच्च सामर्थ्य की झलाई (वेल्डन) द्वारा
। उपकरणों का विश्लेषण किया जाता है। रेडियोग्राफी
बाल्ट - 60 और इरीडियम - 192 रेडियोसमस्थानिकों
पयोग किया जाता है। बिजली के जनित्र और चलित्र,
ों के इंजनों के पुर्जे, परमाणु ऊर्जा के उत्पादन में लगनेवाले
णों इत्यादि का विश्लेषण, और उनके दोषों की पहचान
ग्राफी द्वारा की जाती है।

डियोमिति एक ऐसी तकनीक है जिसके द्वारा आसानी
र कम खर्च में बड़े - बड़े औद्योगिक उपकरणों के अंदर
ना में विस्थापन, बैठजाना, अभिविन्यास - भ्रान्ति आदि
ोषों का पता लगाया जासकता है। यह तकनीक तेल
रण कारखानों में, रासायनिक इकाइयों में और उर्वरक
ानों में विशेषरूप से उपयोग की जाती है।

ासायनिक संसाधन : विकिरण जब किसी पदार्थ को पार
है, तब पदार्थ में तेज़ इलेक्ट्रान और मुक्त मूलक पैदा
ते हैं। इनका उपयोग रासायनिक अभिक्रियाओं में नये
ं के निर्माण के लिए हो सकता है। तेज़ इलेक्ट्रान और
मूलक जीवाणुओं तथा कीटाणुओं का नाश भी करते
हैं। विकिरण निर्जीवीकरण एक ऐसी प्रक्रिया है जिसके उपयोग से अस्पताल में इस्तेमाल होनेवाले उपकरण, इंजेक्शन की सुई, शल्यशास्त्र और शस्त्रक्रिया में काम आनेवाली अनेक वस्तुएं, जैसे पट्टी, रूई, कैथेटर्स इत्यादि, बंद की हुई स्थिति में निर्जंतुक की जासकती हैं, और जब तक उनकी सील बंद है, तब तक वे निर्जंतुक रहती हैं। युद्धकाल में, या दूर, दुर्गम ठिकानों में जहाँ बिजली या गैस न हो, ये विकिरण - निर्जीवित उपकरण बड़े काम के होते हैं। आज भारत में विकिरण निर्जीवीकरण की दो इकाइयां, एक बम्बई में और दूसरी बंगलूर में कार्यरत हैं।

आज भारत में उच्च श्रेणी की लकड़ी, जैसे सागौन या साल की बहुत - ही कमी है।विकिरण संसाधन द्वारा घटिया किस्म की लकड़ी का रूपान्तर बहुत - ही सुंदर और टिकाऊ लकड़ी में हो सकता है। हमारे कारीगरों को, जो कुटीर उद्योगों में हस्तशिल्प बनाते हैं, यदि विकिरण - संसाधित काष्ठ - बहुलक सम्मिश्र दिये जाएं, तो हस्तशिल्प की गुणवत्ता बहुत बढ़ जाएगी, और उनको अधिक मूल्य भी मिल जाएगा।

लकड़ी का विकिरण - संसाधन बहुत आसान तकनीक है, जिसमें साधारण लकड़ी को निर्वात और दबाव के द्वारा एकलक से भरा जाता है। इस एकलक भरी लकड़ी को पोलिथीन में बंद करके इसका किरणन किया जाता है। यह लकड़ी देखने में साधारण लकड़ी जैसी - ही दिखती है और कारीगर साधारण औजारों द्वारा इस पर काम भी कर सकते हैं, परन्तु यह लकड़ी बहुत कठोर, जलसह, अग्निरोधक और स्थायी परिसज्जा की होती है।

विकिरण द्वारा बहिस्रावी मल का निरोगीकरण एक नयी प्रौद्योगिकी है।नगर के बहिस्राव से निकाला गया कीचड़ एक बहुत - ही घातक पदार्थ है। इसमें हैजा और टायफाइड जैसी बीमारियाँ फैलानेवाले कीटाणु होते हैं। इस कीचड़ के किरणन से उसे निर्जंतुक किया जा सकता है और घातक रोगों का फैलाव कम किया जासकता है। आज भारत की पहली कीचड़ निरोगीकरण इकाई बड़ौदा, गुजरात में कार्यरत है।

सारांश में, यह कहना उचित होगा कि आज के वैज्ञानिक और प्रौद्योगिक युग में मानव का जीवन सुखमय और निरापद बनता जारहा है।इसके हर मोड़ पर रेडियोसमस्थानिक अपना महत्वपूर्ण योगदान कर रहे हैं।

□

प्रकाशन एवं सूचना निदेशालय

डा. के. एस. कृष्णन मार्ग, नई दिल्ली - 110012

विषय : हिन्दी में वैज्ञानिक और तकनीकी प्रकाशनों की निदेशिका : 1981-90

प्रिय महोदय,

आप जानते ही हैं कि हमारी प्रगति इस बात पर भी निर्भर करती है कि हम विज्ञान और टैक्नोल का उपयोग कितना कर पा रहे हैं। इसी तरह विज्ञान और टैक्नोलाजी का उपयोग निर्भर करता है बात पर कि हम में विज्ञान के प्रति अभिरुचि कितनी है। यह दोनों बातें निर्भर करती हैं जनमानस भाषा में उपलब्ध वैज्ञानिक एवं तकनीकी साहित्य पर। इसलिए यदि हम विकास चाहते हैं, तो यह जान लेना भी जरूरी है कि जनमानस की भाषा हिंदी में रचे गये वैज्ञानिक एवं तकनीकी साहि के क्षेत्र में आज हमारी स्थिति क्या है।

इसी उद्देश्य से तृतीय विश्व हिन्दी सम्मेलन के अवसर पर जो 1983 में नई दिल्ली में हुआ सी.एस.आई.आर. द्वारा 1966 से 1980 के 15 वर्षों की अवधि में हिन्दी में प्रकाशित वैज्ञानिक तकनीकी साहित्य की दूसरी निदेशिका प्रकाशित की थी। राष्ट्रीय महत्व की इस निदेशिका में हिन्दी विज्ञ लेखकों, संपादकों, अनुवादकों, प्रकाशकों एवं संस्थानों आदि द्वारा रची गई 3344 पुस्तकों और 3 पत्रिकाओं की महत्वपूर्ण जानकारी संकलित थी। यह निदेशिका लेखकों, प्रकाशकों और पाठकों जोड़ने में सफल रही।

तब से अब तक ढेर सारा हिन्दी वैज्ञानिक एवं तकनीकी साहित्य रचा गया है। निश्चय ही अ फिर से इसका लेखा-जोखा जान लेना जनहित में आवश्यक है। इसलिए पुनः एक नवीन निदेशि प्रकाशित किये जाने का निर्णय लिया गया है। यह राष्ट्रीय कार्य है और आपके सहयोग के बिना भ कैसे संभव हो सकता है।

अतः निवेदन है कि आप वर्ष 1981-90 की अवधि में हिन्दी में प्रकाशित अपनी वैज्ञानिक त तकनीकी पुस्तकों/पत्रिकाओं आदि का **विवरण इस निदेशिका के संपादक श्री. तुरशन पाल पाठव वैज्ञानिक ई - II के नाम इस कार्यालय को शीघ्र भेजने का सहयोग करें,** जिससे उसे निदेशि में प्रकाशित कर जन-सामान्य को सुलभ कराया जा सके।

–डा. जी. पी. फोंड
निदेशक

विकिरण समस्थानिक [रेडियोआइसोटोप]

वैज्ञानिक एवं प्रौद्योगिकीय प्रगति हेतु अनिवार्य साधन

विकिरण एवं आइसोटोप प्रौद्योगिकी बोर्ड (बी आर आई टी) ने देश में विविध रेडियो उत्पादों की बढ़ती हुई मांग को पूरा करने में स्वयं को पूर्णतया समर्पित किया है। रेडियोआइसोटोप के उत्पादन एवं अनुप्रयोग हेतु इस क्षेत्र में अनुसंधान की कुछ उत्कृष्ट सुविधाएं ट्रॉंबे में स्थापित की गयी है। स्वदेशी अनुसंधान एवं विकास कार्यों पर निर्भर रहते हुए 'ब्रिट' (बी आर आई टी) ने रेडियोआइसोटोप उत्पादों का विस्तृत रुप से विकास किया है एवं देश विदेश के 1000 से भी अधिक संगठनों की आवश्यकताओं की आपूर्ति की है।

कुछ महत्वपूर्ण उत्पाद एवं प्रदत्त सेवाएं इस प्रकार हैं:

- **विकिरण भेषज (रेडियोफार्मास्युटिकल्स) :**
  विभिन्न प्रकार के रोगों के निदान एवं थायराइड रोगों के उपचार हेतु।
- **विकिरण प्रतिरक्षा आमापन (रेडियो इम्यूनो ऐसे) किट्स :**
  हार्मोन्स तथा औषधियों की सूक्ष्म मात्रा के आकलन हेतु।
- **रेडियोरसायन एवं विकिरण स्रोत :**
  अनुसंधान, औद्योगिक अनुप्रयोगों एवं कैन्सर रोगोपचार हेतु।
- **रेडियोग्राफी कैमरे एवं उपसाधन :**
  सांचो तथा वेल्डों के रेडियोग्राफिक निरीक्षण हेतु।
- **गामा किरणन उपस्कर :**
  चिकित्सा उत्पादों के विकिरण निर्जर्मीकरण या खाद्य किरणन हेतु।
- **विकिरण निर्जर्मीकरण सेवा :**
  प्रयोज्य चिकित्सा उत्पादों जैसे, आई.सैट, वी.कैथीटर (मूत्रनलिका), जाली का कपड़ा, रुई, शल्य ब्लेड, दस्ताने, रिक्त पात्र आदि के विकिरण निर्जर्मीकरण हेतु।

कृपया, अधिक जानकारी हेतु सम्पर्क करें :

वरिष्ठ प्रबंधक एवं विपणन संचालन प्रभारी,
विकिरण एवं आइसोटोप प्रोद्योगिकी बोर्ड (बी आर आई टी)
वि. ना. पुरव मार्ग, देवनार, बम्बई - 400 094.
टेलीफोन : 555 16 76 / 551 04 01 / 551 49 10 (विस्तार 4772)
तार : ब्रिटएटम, बम्बई-94. टेलेक्स : 11 72212 ब्रिट इन्

हिंदी विज्ञान साहित्य परिषद के लिए **डा. जनार्दन स्वरूप** द्वारा संपादित तथा **डा. शिव प्रकाश गर्ग** द्वारा **गुड्डी प्रिंटर्स, मुलुंड** बंबई में मुद्रित व प्रकाशित

वैज्ञानिक (त्रैमासिक) R. No. 18862/70
दिल्ली, नई दिल्ली, महाराष्ट्र, हिमाचल प्रदेश, राजस्थान व उ. प्र. के शिक्षा/विभागों द्वारा स्कूल व कॉलेजों के लिए स्वीकृत

NUCLEAR POWER CORPORATION

STEPPING UP POWER GENERATION FOR GENERATIONS TO COM

Nuclear Energy from the unlimited energy source. Environmentally clean and safe. Indigenously developed and totally self-reliant. to meet the growing energy demand for a better quality of life for our increasing millions.

NPC committed to serving the nation, utilising India's vast nuclear resources for generation of power for generations to come.

NUCLEAR POWER CORPORATION
(A Govt. of India Enterprise)

16th & 20th floor, World Trade Centre 1,
Cuffe Parade, Bombay 400 005.

NPC. Fuelling a powerful future.

CONTOUR ADS-