

## ЯДЕРНАЯ ИНДУСТРИЯ

Спецкурс.

### Лекция 26. ПРЕДПРИЯТИЯ ЯДЕРНОЙ ИНДУСТРИИ

#### Содержание

<b>1. ПРОМЫШЛЕННЫЕ ПРЕДПРИЯТИЯ ЯДЕРНОЙ ИНДУСТРИИ РОССИИ</b>	<b>1</b>
<i>1.1 Предприятия ядерного топливного цикла</i>	7
1.1.1 Сибирский химический комбинат, СХК (г.Северск, Томск-7)	7
1.1.2 Красноярский горно-химический комбинат (г. Железногорск, Красноярск-26)	8
1.1.3 Электрохимический завод (Зеленогорск, Красноярск-45)	9
1.1.4 Производственное объединение «Маяк» (г.Озерск, Челябинск-40, 65)	11
1.1.5 Уральский электрохимический комбинат (Новоуральск, Свердловск-44)	12
1.1.6 Ангарский электролизный химкомбинат, АЭХК (Ангарск Иркутской обл.)	13
<i>1.2 Заводы ОАО «ТВЭЛ»</i>	<b>15</b>
1.2.1 ОАО «ТВЭЛ» (Москва)	15
1.2.2 ОАО «Чепецкий механический завод», ЧМЗ (г.Глазов, Удмуртия)	16
1.2.3 Новосибирский завод химических концентратов, НЗХК, (Новосибирск)	17
<i>1.3 Машино- и приборостроительные заводы</i>	<b>19</b>
1.3.1 «Красная Звезда» (Москва)	19
1.3.2 ПО «Машиностроительный завод «Молния» (Москва)	19
1.3.3 Приборостроительный завод (г. Трехгорный, Челябинская обл.)	19
1.3.4 ПО «Старт» (г. Заречный Пензенской обл.)	20
1.3.6 Приборный завод «Тензор» (г. Дубна)	20
1.3.7 Уральский электромеханический завод, УЭМЗ (Екатеринбург)	20
1.3.8 «Электрохимприбор» (г. Лесной Свердловской обл.)	21
1.3.9 «Элерон» (Москва)	21
<b>2. ОСНОВНЫЕ РАДИОХИМИЧЕСКИЕ ПРЕДПРИЯТИЯ МИРА</b>	<b>21</b>
<i>2.1 Соединенные Штаты Америки</i>	22
<i>2.2 Французский репроцессинг</i>	23
<i>2.3 Великобритания</i>	24
<i>2.4 Япония</i>	25
<i>2.5 Индия</i>	25

В ядерной индустрии задействованы мощные предприятия. В данной лекции мы коротко остановимся на общих характеристиках ядерных промышленных центров России и некоторых других стран.

#### 1. ПРОМЫШЛЕННЫЕ ПРЕДПРИЯТИЯ ЯДЕРНОЙ ИНДУСТРИИ РОССИИ

Список предприятий, принимающих активное участие в ядерно-топливном цикле России приведен в **Табл.1**. В этой же таблице представлена степень опасности каждого предприятия для собственного персонала и для окружающей природной среды. Перечень научно-исследовательских институтов ядерной направленности представлен в **Табл.2**

**Табл. 1.** Промышленные предприятия ядерного топливного цикла России.

Наименование предприятия, его краткое местонахождение	Год создания	Основные производства	Степень потенциальной опасности в соответствии с СНП-77	
			Категория опасности для персонала	Класс опасности для населения и окружающей природной среды

Сибирский химический комбинат (СХК), Томская обл, г.Северск	1953	Промышленные реакторы	2	2
		Радиохимическое производство	1	1
		Химико-металлургическое производство	1	1
		Производство гексофторида урана	1	2
		Производство по разделению изотопов урана	5	5
Производственное объединение «Маяк» (ПО «Маяк»), Челябинская обл., г. Озерск	1948	Промышленные реакторы	2	2
		Радиохимическое производство	1	1
		Химико-металлургическое производство	1	1
		Производство изотопной продукции	1	1
Горно-химический комбинат (ГХК), Красноярский край, г. Железногорск	1950	Промышленные реакторы	2	2
		Радиохимическое производство	1	1
		Хранение ОЯТ реакторов ВВЭР-1000	1	1
Ангарский электролизный Химический комбинат (АЭХК), Иркутская обл., г. Ангарск	1954	Производство гексафторида урана	3	3
		Производство по разделению изотопов урана	3	5
Уральский электрохимический комбинат (УЭХК), Омская обл., г. Новоуральск	1945	Химико-металлургическое производство.	1	1
		Производство по разделению изотопов урана	3	5
Акционерное общество «Машиностроительный завод» (АОМСЗ), Московская обл г. Электросталь	1945	Производство ядерного топлива	1	1,2
Акционерное общество «Новосибирский завод химконцентратов» (АО НЗХК), г. Новосибирск	1949	Изготовление ядерного топлива	1	1и2
Химико-металлургический завод (ХМЗ), г.Красноярск	1948	Химико-металлургическое производство	3	1

Электрохимический завод (ЭХЗ), Ленинградская обл., г. Зеленогорск	1955	Производство по разделению изотопов урана	3	5
Кирово-Чепецкий химический Комбинат (КЧХК), Вологодская обл., г. Кирово-Чепецк	1949	Производство по получению четырехфтористого урана	3	5
Производственное объединение «Чепецкий механический завод» (ПО ЧМЗ), Удмуртия г. Глазов	1951	Химико-металлургическое производство	3	4
Государственное научно-производственное предприятие «Политех» (ГНПП «Политех»), Московсл. обл., г. Электросталь	1974	Опытное производство ядерного топлива	1	2
Опытный завод «Луч», Московская обл., г. Подольск	1946	Переработка отходов	1	2

Примечание: в Табл. 1 приведены научно-исследовательские организации, выполняющие технологические разработки, научные и материаловедческие исследования с использованием ядерных материалов.

**Табл. 2.** Перечень научно-исследовательских организаций, выполняющих технологические разработки, научные и материаловедческие исследования с использованием ядерных материалов.

№	Наименование организации и ее краткое обозначение	Год создания	Месторасположение
1	РНЦ «Курчатовский институт»	1943	г. Москва
2	Государственный научный центр «Всероссийский научно-исследовательский институт неорганических материалов» им. академика А.А. Бочвара (ВНИИНМ)	1945	г. Москва
3	Всероссийский научно-исследовательский институт химической технологии (ВНИИХТ)	1951	г. Москва
4	Научно-производственное объединение «Радиевый институт» им. В.Г. Хлопина	1922	г. Санкт-Петербург
5	Государственный научный центр «Физико-энергетический институт» (ФЭИ)	1946	г. Обнинск
6	Государственный научный центр Научно-исследовательский центр атомных реакторов им. В.И. Ленина (НИИАР)	1956	г. Димитровград
7	Опытно-конструкторское бюро «Гидропресс» - ОКБ «Гидропресс»	1946	г. Подольск Московская область
8	Российский федеральный ядерный центр Всероссийский научно-исследовательский институт экспериментальной физики — РФЯЦ ВНИИЭФ	1945	г. Саров Нижегородской области
9	Опытно-конструкторское бюро машиностроения ОКБМ	1956	г. Нижний Новгород

Обогащительный комплекс России состоит из 4 предприятий, расположенных в Ангарске, Томске-7 (Северске), Красноярске-45 (Железногорске) и Верхнем Нейвинске (Новоуральск, Свердловская обл.). Разделение изотопов урана проводится на газовых центрифугах с предварительным отфильтровыванием химических примесей и на газодиффузионных

установках. Ранее заводы производили высокообогащенный уран, теперь - уран низкого и среднего обогащения. Завод в Верхнем Нейвинске выпускает гексафторид природного урана, а также уран, обогащенный до 30% для исследовательских реакторов и реакторов на быстрых нейтронах. Здесь ведется переработка и разбавление высокообогащенного урана, извлеченного из снятых с вооружения боеголовок, до низко обогащенного урана, из которого изготавливается топливо для энергетических реакторов. В Томске-7, помимо переработки высокообогащенного урана, осуществляется повторное обогащение переработанного урана. На предприятиях в Ангарске и Красноярске-45 производится низко обогащенный уран для российских потребителей, а также обогащение урановых отходов до уровня природного урана.

Как уже упоминалось, ядерные реакторы АЭС России работают на топливе из керамического диоксида урана. Реакторы судов атомного флота и атомных подводных лодок используют высокообогащенное топливо, в основе которого сплавы урана с другими металлами. В России три комплекса по производству ядерного топлива: завод химконцентратов в Новосибирске, машиностроительный завод в г.Электростали и Ульбинский металлургический завод в Усть-Каменогорске. Процесс производства ядерного топлива состоит в получении диоксидного порошка, изготовлении топливных таблеток, производстве оболочек тепловыделяющих элементов (ТВЭЛов) и собственно ТВЭЛов, а также изготовлении тепловыделяющих сборок.

На заводе химконцентратов в Новосибирске изготавливается топливо для реакторов, производящих оружейные материалы, и реакторов типа ВВЭР-1000, а также топливо для исследовательских реакторов (диоксид урана, помещенный в алюминиевую матрицу). Машиностроительный завод в Электростали производит топливо для судовых и исследовательских реакторов, тепловыделяющие элементы и сборки для реакторов типа ВВЭР-440 и РБМК, а также топливо для реакторов на быстрых нейтронах. На Ульбинском металлургическом заводе выпускается порошковый диоксид урана, топливные таблетки для реакторов типа ВВЭР и РБМК.

#### **Особорезимные города ядерного оружейного комплекса**

Арзамас-16 (Кремлев, Нижегородская область). ВНИИ экспериментальной физики. Разработка и конструирование ядерных зарядов. Опытно-экспериментальный завод "Коммунист". Электромеханический завод "Авангард" (серийное производство).

Златоуст-36 (Челябинская область). Серийное производство ядерных боеголовок и баллистических ракет для подводных лодок.

Красноярск-26 (Железногорск). Подземный горнохимический комбинат. Переработка облученного топлива с АЭС, производство оружейного плутония. Три ядерных реактора.

Красноярск-45. Электромеханический завод. Обогащение урана. Серийное производство баллистических ракет для подводных лодок. Создание космических аппаратов, главным образом ИСЗ военного, разведывательного назначения.

Свердловск-44. Серийная сборка ядерных боеприпасов.

Свердловск-45. Серийная сборка ядерных боеприпасов.

Томск-7 (Северск). Сибирский химических комбинат. Обогащение урана, производство оружейного плутония.

Челябинск-65 (Озерск). ПО "Маяк". Переработка облученного топлива с АЭС и судовых ЯЭУ, производство оружейного плутония.

Челябинск-70 (Снежинск). ВНИИ технической физики. Разработка и конструирование ядерных зарядов.

**Полигон для испытаний ядерного оружия:** Северный (арх. Новая Земля, 1954-1992 гг.). С 27.02.1992 г. - Центральный полигон Российской Федерации.

**Научно-исследовательские и учебные атомные центры и учреждения с исследовательскими ядерными реакторами:** Сосновый Бор (Санкт-Петербургская область). Учебный центр ВМФ. Дубна (Московская область). Объединенный институт ядерных исследований. Обнинск

(Калужская область). НПО "Тайфун". Физико-энергетический институт (ФЭИ). Установки "Топаз-1", "Топаз-2". Учебный центр ВМФ. Москва. Институт атомной энергии им. И. В. Курчатова (термоядерный комплекс АНГАРА-5). Московский инженерно-физический институт (МИФИ). Научно-исследовательское производственное объединение "Айлерон". Научно-исследовательское-производственное объединение "Энергия". Физический институт Российской Академии наук. Московский физико-технический институт (МФТИ). Институт теоретической и экспериментальной физики. Протвино (Московская область). Институт физики высоких энергий. Ускоритель элементарных частиц. Свердловский филиал Научно-исследовательского и конструкторского института экспериментальных технологий. (В 40 км от Екатеринбурга). Новосибирск. Академгородок Сибирского отделения РАН. Троицк (Московская область). Институт термоядерных исследований (установки "Токомак"). Димитровград (Ульяновская область). НИИ атомных реакторов им. В.И.Ленина. Нижний Новгород. Проектно-конструкторское бюро ядерных реакторов. Санкт-Петербург. Научно-исследовательское и производственное объединение "Электрофизика". Радиевый институт им. В.Г.Хлопина. Научно-исследовательский и проектный институт энергетической технологии. НИИ радиационной гигиены Минздрава России. Норильск. Экспериментальный ядерный реактор. Подольск. Научно-исследовательское производственное объединение "Луч".

**Месторождения урана, предприятия по его добыче и первичной обработке:** Лермонтов (Ставропольский край). Ураново-молибденовые включения вулканических пород. ПО "Алмаз". Добыча и обогащение руды. Первомайский (Читинская область). Забайкальский горнообогатительный комбинат. Вихоревка (Иркутская область). Добыча урана и тория. Алдан (Якутия). Добыча урана, тория и редкоземельных элементов. Слюдянка (Иркутская область). Месторождение уран-содержащих и редкоземельных элементов. Краснокаменск (Читинская область). Урановый рудник. Борск (Читинская область). Выработанный урановый рудник - так называемое "ущелье смерти", где добычу руды вели узники лагерей. Ловозеро (Мурманская область). Урановые и ториевые минералы. Район Онежского озера. Урановые и ванадиевые минералы. Вишневогорск, Новогорный (Центральный Урал). Урановая минерализация.

**Урановая металлургия:** Электросталь (Московская область). ПО "Машиностроительный завод". Новосибирск. ПО "Завод химических концентратов". Глазов (Удмуртия). ПО "Чепецкий механический завод".

**Предприятия по производству ядерного горючего, высоко-обогащенного урана и оружейного плутония:** Челябинск-65 (Челябинская область). ПО "Маяк". Томск-7 (Томская область). Сибирский химкомбинат. Красноярск-26 (Красноярский край). Горнохимический комбинат. Екатеринбург. Уральский электрохимический завод. Кирово-Чепецк (Кировская область). Химкомбинат им. Б. П. Константинова. Ангарск (Иркутская область). Комбинат химического электролиза.

**Промышленные реакторы России:** В 2003 в России на различных стадиях жизненного цикла находится 18 промышленных реакторов, размещенных на 3-х предприятиях ЯТЦ Минатома (13 реакторов в стадии снятия с эксплуатации и пять реакторов эксплуатируется). Среди них следующие: на СХК г.Северск реакторы И-1, ЭИ-2, АДЭ-3 в стадии снятия с эксплуатации. Реакторы АДЭ-4 (1964г.) и АДЭ-5 (1965 г.) в эксплуатации (производство электроэнергии и тепла); на ГХК г.Железногорск реакторы АД и АДЭ-1 в стадии снятия с эксплуатации. Реактор АДЭ-2 в эксплуатации (1964 г.) (производство электроэнергии и тепла); на ПО «Маяк» г.Озерск реакторы А, АВ-1, АВ-2, АВ-3, АИ, ОК-180, ОК-190 и ОК-190М в стадии снятия с эксплуатации. Реакторы Р-1 (1979 г.) и ЛФ-2 (1988 г.) в эксплуатации.

**Предприятия атомной энергетики:** Концерн «Росэнергоатом»; АЭС: Балаковская, Белоярская, Билибинская, Волгодонская, Калининская, Кольская, Курская, Ленинградская, Нововоронежская, Смоленская.

**Судостроительные и судоремонтные заводы и базы атомного флота:** Санкт-Петербург. Ленинградское адмиралтейское объединение. ПО "Балтийский завод". Северодвинск. ПО "Севмашпредприятие", ПО "Север". Нижний Новгород. ПО "Красное Сормово". Комсомольск-на-Амуре. Судостроительный завод "Ленинский комсомол". Большой Камень (Приморский край). Судоремонтный завод "Звезда". Мурманск. Техническая база ПТО "Атомфлот", судоремонтный завод "Нерпа".

**Базы атомных подводных лодок Северного флота:**

Западная Лица (губа Нерпичья); Гаджиево; Полярный; Видяево; Йоканьга; Гремиха.

**Базы АПЛ Тихоокеанского флота:**

Рыбачий; Владивосток (залив Владимира и бухта Павловского); Советская Гавань; Находка; Магадан; Александровск-Сахалинский; Корсаков.

**Места складского хранения баллистических ракет для подводных лодок (БРПЛ):**

Ревда (Мурманская область); Ненокса (Архангельская область); Пункты снаряжения ракет ядерными боеголовками и погрузки в подводные лодки; Северодвинск; Губа Окольная (Кольский залив).

**Места временного хранения облученного ядерного топлива и предприятия по его переработке:** промплощадки АЭС; Мурманск. Лихтер "Лепсе", плавбаза "Имандра" ПТО "Атомфлот"; Западная Лица (губа Андреева). Техническая база Северного флота; Полярный. Техническая база Северного флота; Йоканьга. Техническая база Северного флота; Рыбачий. Техническая база Тихоокеанского флота; Бухта Павловского. Техническая база Тихоокеанского флота; Челябинск-65. ПО "Маяк"; Красноярск-26. Горнохимический комбинат; Томск-7. Сибирский химкомбинат.

**Промышленные накопители и региональные хранилища (могильники) РАО:** промплощадки АЭС; Красноярск-26. Горнохимический комбинат, РТ-2; Челябинск-65. ПО "Маяк"; Томск-7. Сибирский химкомбинат; Северодвинск (Архангельская область); Промплощадка судоремонтного завода "Звездочка" ПО "Север"; Большой Камень (Приморский край). Промплощадка судоремонтного завода "Звезда"; Западная Лица (губа Андреева). Техническая база Северного флота; Гремиха. Техническая база Северного флота; Шкотово-22 (бухта Чажма). Судоремонтная и техническая база Тихоокеанского флота; Рыбачий. Техническая база Тихоокеанского флота.

**Места отстоя и утилизации выведенных из эксплуатации кораблей военно-морского флота и гражданских судов с ядерными энергетическими установками:** Полярный, база Северного флота; Гремиха, база Северного флота; Йоканьга, база Северного флота; Западная Лица (губа Андреева), база Северного флота; Северодвинск, заводская акватория ПО "Север"; Мурманск, техническая база "Атомфлота"; Большой Камень, акватория судоремонтного завода "Звезда"; Шкотово-22 (бухта Чажма), техническая база Тихоокеанского флота; Советская Гавань, акватория военно-технической базы; Рыбачий, база Тихоокеанского флота; Владивосток (бухта Павловского, залив Владимира), базы Тихоокеанского флота.

**Необъявленные районы сброса жидких и затопления твердых РАО:** Места слива жидких РАО в Баренцевом море. Районы затопления твердых радиоактивных отходов в мелководных заливах карской стороны архипелага Новая Земля и в районе Новоземельской глубоководной впадины. Точка несанкционированного затопления лихтера "Никель" с твердыми радиоактивными отходами. Губа Черная архипелага Новая Земля. Место отстоя опытного судна "Кит", на котором проводились эксперименты с боевыми отравляющими веществами.

**Загрязненные территории:** 30-километровая санитарная зона и районы, загрязненные радионуклидами в результате катастрофы 26.04.1986 г. на Чернобыльской АЭС. Восточно-Уральский радиоактивный след, образовавшийся в результате взрыва 29.09.1957 г. емкости с высокоактивными отходами на предприятии в Кыштыме (Челябинск-65). Радиоактивное загрязнение бассейна рек Теча-Исеть-Тобол-Иртыш-Обь в результате многолетнего сброса

отходов радиохимического производства на объектах ядерного (оружейного и энергетического) комплекса в Кыштыме и разноса радиоизотопов из открытых накопителей радиоактивных отходов вследствие ветровой эрозии. Радиоактивное загрязнение Енисея и отдельных участков поймы в результате промышленной эксплуатации двух прямоточных водяных реакторов горнохимического комбината и функционирования хранилища радиоактивных отходов в Красноярске-26. Радиоактивное загрязнение территории в санитарно-защитной зоне Сибирского химкомбината (Томск-7) и за ее пределами. Официально признанные санитарные зоны в местах проведения первых ядерных взрывов на земле, под водой и в атмосфере на полигонах для испытания ядерного оружия на Новой Земле. Тоцкий район Оренбургской области. Место проведения войсковых учений на стойкость личного состава и военной техники к поражающим факторам ядерного взрыва 14.09.1954 г. в атмосфере. Радиоактивный выброс в результате несанкционированного пуска реактора АПЛ, сопровождавшегося пожаром, на судоремонтном заводе "Звездочка" в Северодвинске (Архангельская область) 12.02.1965 г. Радиоактивный выброс в результате несанкционированного пуска реактора АПЛ, сопровождавшегося пожаром, на судостроительном заводе ПО "Красное Сормово" в Нижнем Новгороде в 1970 г. Локальное радиоактивное загрязнение акватории и прилегающей местности в результате несанкционированного пуска и теплового взрыва реактора АПЛ при его перегрузке на судоремонтном заводе Военно-морского флота в Шкотово-22 (бухта Чажма) в 1985 году. Загрязнение прибрежных вод архипелага Новая Земля и открытых районов Карского и Баренцева морей вследствие слива жидких и затопления твердых радиоактивных отходов судами ВМФ и "Атомфлота". Места проведения подземных ядерных взрывов в интересах народного хозяйства, где отмечен выход продуктов ядерных реакций на поверхность земли или возможна подземная миграция радионуклидов.

О некоторых комбинатах приведем более подробные сведения.

### **1.1 Предприятия ядерного топливного цикла**

#### **1.1.1 Сибирский химический комбинат, СХК (г.Северск, Томск-7)**

Более 40 лет в нескольких километрах от г. Томска функционирует крупнейшее в России и мире предприятие по производству оружейного плутония — Сибирский химический комбинат (СХК). Он создавался как единый комплекс ЯТЦ, дублирующий ПО "Маяк", главная задача которого - создание компонентов ядерного оружия на основе высокообогащенного урана и оружейного плутония.

На СХК функционируют следующие радиационно-опасные производства:

**Завод по разделению изотопов (ЗРИ).** Осуществляет получение гексафторида урана с обогащением по  $^{235}\text{U}$  и разделение изотопов урана с высокой степенью обогащения по U-235. Функционирует с 1953 года. До 1973 года осуществлялось газодиффузионное разделение, а позднее центрифужное.

**Сублиматный завод (СЗ).** Производит гексафторид урана и октооксида урана (III). Запуск осуществлен в 1954-55 годах.

**Радиохимический завод (РХЗ),** на котором осуществляется переработка переработка облученных в промышленных и энергетических реакторах стандартных блоков, радиохимическая переработка отработанного ядерного топлива с получением диоксида плутония и урана и других радионуклидов. Первая очередь работает с 1961 года, вторая — с 1962 года.

**Химико-металлургический завод (ХМЗ).** Занят плавкой и обработкой плутония с производством компонентов для ядерного оружия в частности – обогащенного урана и плутония в виде металлических слитков..

Важным элементом инфраструктуры СХК являются склады и хранилища делящихся ядерных материалов, в т. ч. материалов ядерных боеголовок, часть которых размещена не на специальных складах, а в приспособленных помещениях. На территории комбината расположено

много объектов по переработке, хранению и захоронению радиоактивных веществ, в том числе - 50 хранилищ жидких и твердых радиоактивных отходов, из них - 3 бассейна открытого типа, 2 пульпохранилища и три водохранилища.

В планах развития комбината значится строительство двухблочной атомной станции теплоснабжения (АСТ-500).

Вследствие остановки действующих реакторов АДЭ-4,5 на СХК должно быть остановлено все радиохимическое производство. Конверсия этого производства является серьезной проблемой. Временная пролонгация эксплуатации действующих реакторов (при условии выполнения мероприятий по повышению безопасности и снижения установленной мощности на 20-30 %) предполагает эксплуатацию последних с «конверсионной» активной зоной (перевод на низкообогащенный уран). Выдвинута и зафиксирована в соглашении между Россией и США идея конверсии активных зон, т.е. переделки действующих реакторов так, чтобы их работа и генерация тепла (что необходимо для теплоснабжения ближайших городов) не приводили к производству плутония оружейного качества при одновременном повышении безопасности. Альтернативой размещению АСТ-500 является достройка энергоблоков ТЭЦ-3 г.Томска.

### **1.1.2 Красноярский горно-химический комбинат (г. Железногорск, Красноярск-26)**

Весь комплекс производства материалов для ядерного оружия находится под землей на глубине 250- 300 метров. На ГХТ действует реакторное производство (три реакторные установки, производящие плутоний (на сегодня в эксплуатации только одна)), радиохимический завод по переработке отработанного реакторного топлива, хранилище ОЯТ АЭС с реакторами ВВЭР-1000, цех переработки отходов, а также одно из самых больших в мире хранилищ для отработанного ядерного топлива (Емкости хранилища составляют - 12000 контейнеров с топливом (на сегодня там находится - 3000 контейнеров)). Образовавшиеся жидкие радиоактивные отходы (ЖРО) направляются в открытые поверхностные хранилища, хранятся в специальных сооружениях, захораниваются в глубоководных поглощающих геологических горизонтах. Общая активность ЖРО, находящихся в поверхностных и подземных (геологических) хранилищах, оценивается в 450 млн. Ки. Имеется также хранилище твердых отходов. Вплоть до 1991, в эксплуатации находилось два реактора (сегодня они заглушены) которые имели проточный режим охлаждения активной зоны и радиоактивная вода сбрасывалась прямо в р.Енисей. Донные отложения реки Енисей и пойменные участки загрязнены радиоактивными нуклидами.

За сорокалетний период эксплуатации военных производств на Горно-химическом комбинате накопились проблемы связанные с продолжением работы реактора АДЭ-2. Более десяти лет отработавшие блоки не отправляются на переработку, а хранятся в бассейне выдержки, где их накоплено 28 тысяч. Длительное хранение блоков без переработки может привести к коррозионному разрушению блоков, накоплению урана-235 в илах бассейна выдержки и в охлаждающей воде. Предприятие вынуждено хранить нарабатываемый диоксид плутония на своей территории, используя для этих целей временное хранилище. Существующего резерва хранилища хватит примерно на два года.

На Горно-химическом комбинате хранится государственный запас препаратов радия (около 1200 г). Препараты радия хранятся в запаянных стеклянных ампулах около 45 лет.

**Завод по регенерации топлива атомных электростанций (РТ-2).** Вопрос конверсии оборонного комплекса для ГХК не нов. Более десяти лет назад в соответствии с Постановлением Правительства о прекращении загрязнения Арктического бассейна были разработаны мероприятия, которыми предусматривалось вывести в 1995 году из эксплуатации реакторное и радиохимическое производство. К этому времени планировалось ввести в действие завод по регенерации отработанного ядерного топлива (завод РТ-2). Разрабатывалась рациональная схема

конверсии: персонал с выводимых из эксплуатации производств постепенно переводился на РТ-2, вновь принимать на работу специалистов и рабочих пришлось бы очень мало. Однако эта схема не была реализована. Завод РТ-2 предназначен для приема, временного хранения и последующей переработки отработавшего ядерного топлива с атомных электростанций. Проектная производительность завода 1500 тонн ОЯТ в год. Готовой продукцией завода будут тепловыделяющие сборки (ТВС) на основе смешанного уран-плутониевого топлива (МОХ-топливо). Первая очередь завода — комплекс ОЯТ со вспомогательными зданиями и сооружениями принят в эксплуатацию в 1985 году. Емкость хранилища — шесть тысяч тонн. Практически полностью построены объекты энергетики (котельная, подстанции), инженерные сети, железная дорога и др. Отработавшее ядерное топливо перед отправкой на комбинат выдерживается в хранилищах атомных электростанций не менее трех лет. Это нужно для того, чтобы снизилось энерговыделение тепловыделяющих сборок и в них распались короткоживущие радионуклиды. В настоящее время в хранилище находится три тысячи тонн ОЯТ с российских и украинских АЭС. Из-за активных протестов населения Красноярского края в 1991 г.

руководством Минатома было принято решение о консервации стройки РТ-2 сроком на 5 лет. Осенью 1994 года после визита Президента РФ Б.Н. Ельцина в г. Красноярск-26 было принято решение о продолжении строительства завода РТ-2. Но чтобы завершить строительство первой очереди РТ-2 потребуется около 2 млрд. долларов. Ожидается, что завод РТ-2 начнет работать на полную мощность в 2010 г.

**Полигон подземного захоронения жидких радиоактивных отходов (ЖРО) «Северный».** Общей западной границей подземных хранилищ ЖРО является вертикальная плоскость тектонического разлома, породы кристаллического фундамента по которой смещены по вертикали до 320 м, а пластичные слои глинистых водоупоров вытянуты вертикально, образуя тектонический экран, разобщающий подземные хранилища ЖРО в I и II горизонтах от русла Енисея на протяжении 20–25 км. В состав подземного хранилища технологических отходов входят 8 нагнетательных, 8 разгрузочных и 54 наблюдательные скважины. Глубинное контролируемое захоронение жидких радиоактивных отходов на полигоне «Северный» Красноярского Горно-химического комбината позволило надежно изолировать от среды непосредственного обитания значительную часть образовавшихся отходов, избежать строительства потенциально опасных поверхностных хранилищ и бассейнов и обеспечить удовлетворительное радиационное состояние прилегающей к промышленным объектам территории. Результаты многолетних наблюдений за миграцией отходов и отдельных их компонентов в подземных хранилищах могут быть использованы для обоснования надежности и проектирования подземных хранилищ отверженных радиоактивных отходов.

### 1.1.3 Электрохимический завод (Зеленогорск, Красноярск-45)

Производство высокообогащенного урана на заводе началось в 1962 году. Пуск завода завершил создание комплекса из четырех разделительных предприятий военно-промышленного комплекса СССР.



Полное название: Федеральное государственное унитарное предприятие «Производственное объединение «Электрохимический завод», ЭХЗ.

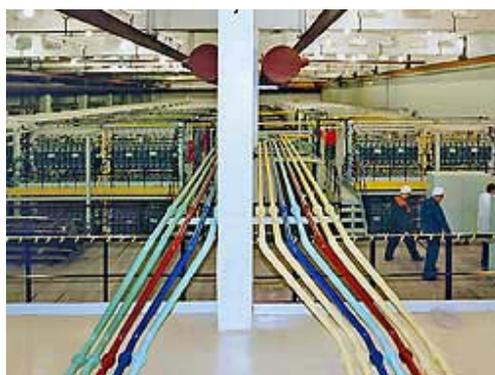
Место расположения: г. Зеленогорск Красноярского края.

Основан в 1957.

Первый директор: Александров А.С.

Основное направление деятельности: производство обогащенного урана (сначала – высокообогащённого, методом газовой диффузии,

затем – низкообогащённого, методом газового центрифугирования); выпуск стабильных и радиоактивных изотопов различных элементов; разработка перспективного оборудования на



основе центробежной технологии для обогащения урана, разделения стабильных изотопов и получения особо чистых веществ; выпуск конверсионной продукции.

В составе предприятия: Санкт-Петербургский Научно-технический центр «Центробежные технологии»; опытное конструкторское бюро «ГАЗ»

### **ЭХЗ - история и современность.**

Федеральное государственное унитарное предприятие «Производственное объединение «Электрохимический завод» расположено в г. Зеленогорске (Красноярск-45), в 150 км восточнее г. Красноярска. Город Зеленогорск – закрытое административно-территориальное образование (ЗАТО) – основан в мае 1956 года. ФГУП «ПО «Электрохимический завод» является градообразующим предприятием. В 1956 году началось строительство города Красноярск-45 и Электрохимического завода (ЭХЗ) по обогащению урана. Основной задачей завода было производство высокообогащенного урана для оружейных целей. В качестве основной технологии использовался газодиффузионный метод разделения изотопов урана. Производство высокообогащенного урана на заводе началось в 1962 году. Пуск завода завершил создание комплекса из четырех разделительных предприятий военно-промышленного комплекса СССР. За весь период эксплуатации на заводе не было ядерных аварий и инцидентов с выходом радиоактивных веществ или случаев утраты ядерных материалов. Твердые радиоактивные отходы размещаются в грунтовых могильниках на промплощадке ЭХЗ. Жидкие радиоактивные отходы сливаются в специальные бассейны, вынесенные за территорию завода. Результаты многолетних анализов показывают, что завод не оказывает отрицательного влияния на население и окружающую среду. В 80-х годах Электрохимический завод переходит на выпуск мирной продукции - топлива для атомных станций и энергетических



установок. В 1988 году производство оружейного урана было прекращено, и комбинат полностью переориентировался на производство низкообогащенного урана для атомной энергетики. С 1990 года обогащение урана на ЭХЗ производится с помощью высокоэффективных и экономичных газовых центрифуг. В настоящее время завод участвует в программе "ВОУ-НОУ", проводя переработку высокообогащенного урана, полученного при демонтаже ЯБП в низкообогащенный. В соответствии с решением о полном прекращении производства высокообогащенного урана с 1988 г. предприятие выпускает низкообогащенный уран для изготовления топлива реакторов атомных электростанций. Самым первым конверсионным проектом Электрохимического завода стало создание в 1989 году приборного производства. Важным направлением работ комбината стало производство широкого спектра стабильных и радиоактивных изотопов различных элементов, разработка оборудования на основе центробежной технологии. Первой продукцией стали несколько десятков грамм изотопа Fe57 с 80% обогащением. В настоящее время на «ПО «ЭХЗ» создано новое современное производство изотопной продукции с широчайшей номенклатурой. Объем выпускаемых за год продуктов достигает нескольких сотен килограммов. Изотопы «ПО «ЭХЗ» применяются в атомной энергетике, медицине, электронике, в пионерных научных исследованиях микромира и макрокосмоса. Продукция предприятия, поставляемая практически во все развитые страны и по своим показателям является одной из лучших в мире.

### 1.1.4 Производственное объединение «Маяк» (г.Озерск, Челябинск-40, 65)

Производственное объединение «Маяк» выросло на базе Комбината № 817 — первого в СССР предприятия по промышленному получению делящихся материалов — урана-235 и плутония-239 - для атомной бомбы. Комбинат был построен на Южном Урале, недалеко от старинных уральских городов Кыштыма и Касли. На южном берегу небольшого озера Иртяш было выбрано место для строительства жилого массива, а рядом, на южном берегу озера Кызыл-Таш соорудили первый промышленный объект Комбината — уран-графитовый реактор для наработки оружейного плутония. В состав предприятия первоначально вошли: уран-графитовый реактор; радиохимический завод по выделению плутония из облученного в реакторе урана; химико-металлургический завод по производству металлического плутония.

**Реакторы.** В разные годы в состав комбината входили: уран-графитовый реактор А (производство оружейного плутония), уран-графитовый реактор АИ (получение трития), уран-графитовый реактор АВ (производство изотопов и оружейного плутония, очистка гелия-3), уран-графитовый реактор АВ-1 (производство оружейного плутония), реактор АВ-2 (производство оружейного плутония), реактор ОК-180 (производство оружейного плутония), тяжеловодный реактор «Руслан» (производство оружейного плутония), экспериментальные реакторы ОК-190 и «Людмила».

**Радиохимический завод 235** занимается производством осколочных радионуклидов и источников ионизирующего излучения. Первая продукция с атомного реактора — облученный уран с содержащимся в нем плутонием — поступила на радиохимический завод 22 декабря 1948 года, однако первая партия концентрата плутония была получена только в феврале 1949 года. В начальный период работы завода экспериментальные данные о минимальных критических массах плутония в водных растворах отсутствовали. Поэтому практически было невозможно обосновать предельно допустимые количества плутония в отдельных видах оборудования, чтобы обеспечить ядерную безопасность. Необходимые данные были опубликованы лишь в 1955 году. Тем не менее аварий, связанных с самопроизвольными цепными реакциями, на заводе не возникало до 1953 года.

**Завод РТ-1.** В середине 60-х годов был утвержден проект завода по регенерации ОЯТ на территории ПО «Маяк» и началось строительство завода РТ-1. В 1976 и 1977 годах состоялся пуск первой и второй ниток завода РТ-1 по переработке ОЯТ ТВС энергетических реакторов типа ВВЭР и ОЯТ транспортных установок. В середине 80-х годов на заводе РТ-1 была запущена третья технологическая цепочка, которая повысила производительность завода. Нынешняя мощность завода - 400 т тяжелого металла в год.

**Химико-металлургический завод 20:** получение металлического урана и металлического плутония. Первая очередь завода закладывалась в переоборудованных складских помещениях, расположенных вблизи станции Татыш недалеко от города Кыштыма. Работы по переоборудованию помещений начались в 1947 году, а 26 февраля 1949 года на завод поступил первый конечный продукт с радиохимического завода, и в августе того же года были изготовлены первые детали из чистого плутония. На этом заводе завершался технологический цикл изготовления «сердцевины» ядерной бомбы. Позднее был построен второй радиохимический завод, реконструировано и расширено металлургическое производство. В настоящее время действующее реакторное производство ПО «Маяк» включает два реактора (остальные остановлены), производящих радионуклиды различного назначения. Завод радиоактивных изотопов стал одним из крупнейших мировых поставщиков радиоактивных источников и радиоактивных препаратов. В числе потребителей — известные фирмы Англии, Франции, США, Германии.

**Приборный завод 45** занимается разработкой и изготовлением средств измерения и автоматизации, обеспечивающих контроль и управление реакторных, радиохимических и других

специализированных производств. Таким образом, происходит постепенный переход предприятия на мирные рельсы, освоение новых, более совершенных технологий, с чем связано повышение уровня экологической безопасности современного производства.

В 2001 г. пущена в эксплуатацию после реконструкции печь остекловывания жидких высокоактивных отходов ЭП 500/3. Переработано 230 куб.м. ВАО, получено 38,96 т стекла с активностью около 9820 млн. Ки. Остеклованные отходы размещены в хранилище. Емкости-хранилища ВАО заполнены почти на 80 %. Активность хранящихся на предприятии жидких ВАО составляет более 430 млн. Ки. Среднеактивные и низкоактивные ЖРАО продолжают сбрасывать в оз. Карачай. В Теченском каскаде водоемов накоплено около 3,1\*10<sup>5</sup> Ки долгоживущих бета-активных нуклидов.

### **1.1.5 Уральский электрохимический комбинат (Новоуральск, Свердловск-44)**



Уральский электрохимический комбинат - одно из ведущих предприятий атомной энергетики страны, крупный научно-производственный центр атомной промышленности России.

Полное название: Государственное унитарное предприятие «Уральский электрохимический комбинат»

Первоначальное название: Комбинат № 813

Место расположения: г. Новоуральск Свердловской обл., 50 км от г.Екатеринбурга (Ранее Свердловск-44)

Основан в 1949 г. Первый руководитель УЭХК: Е.М. Ерошев.

**Основные направления деятельности:** обогащение урана, разработка и производство новейших приборов и систем

управления технологическими процессами в атомной промышленности. Выпуск конверсионной продукции

УЭХК - первое промышленное предприятие по разделению изотопов урана газодиффузионным методом. Первый завод «Д-1» использовал разделительные машины разработки ОКБ Горьковского машиностроительного завода. Появление новых машин привело к созданию на комбинате новых заводов по газодиффузионному разделению урана: «Д-3» - в 1950-1951 годах, «Д-4» - в 1952-1953 годах, «СУ-3» - в 1954 году, «Д-5» - в 1955-1957 годах. Выпуск продукции газодиффузионных заводов в период с 1950 до 1957 года был увеличен в 100 раз. В 1955 году было принято решение о создании на комбинате участка с разделением изотопов урана газовыми центрифугами. Выполнение этой задачи потребовало освоения промышленного производства центрифуг, и этот участок был введен в действие в 1961 году. К 1964 году на УЭХК был построен первый в мире крупный завод центрифужного обогащения урана. Опыт его эксплуатации подтвердил технологические преимущества этого метода, его экономичность и надежность. В 1966 году была начата программа реконструкции комбината по последовательной замене газодиффузионной технологии обогащения центрифужной технологией. Поскольку одновременно происходило совершенствование центрифуг, то вслед за этим происходила и модернизация производства обогащения урана. В начале 70-х годов комбинат вышел на международный рынок. На первых порах экспортировался низко обогащенный уран, изготовленный из сырья заказчика. Позднее для этих целей стало использоваться отечественное сырье. В 1988 году на УЭХК была прекращена эксплуатация газодиффузионного оборудования. В 1989 году производство оружейного урана на комбинате было полностью прекращено. И в соответствии с заключенными позднее межправительственными



соглашениями по сокращению ядерных вооружений развернулась его переработка в топливо для атомных электростанций. К конверсионным направлениям работы УЭХК относятся исследования использования центрифужного метода разделения для получения стабильных и радиоактивных изотопов. Важным направлением деятельности было предоставление услуг по обогащению урана различным энергетическим

комплексам стран Европы. С 1988 года производство оружейного урана прекратилось, и обогатительное производство было переориентировано на производство НОУ для нужд ядерной энергетики. В 1994 году на УЭХК было введено в действие производство по разобогащению оружейного урана. Сейчас на комплексе работают несколько обогатительных каскадов, составленных из центрифуг четвертого и пятого поколения. Каскады располагаются в пяти зданиях. Производительность завода обеспечивает 49% всех российских мощностей. УЭХК является основным предприятием, вовлеченным в преобразование 500 тонн высокообогащенного урана (ВОУ) от оружия для получения низкообогащенного урана со степенью обогащения 4,4 %. Предприятие способно перерабатывать до 10 тонн ВОУ ежегодно. Комбинат также нарабатывает уран обогащением 1,5 % для разбавления ВОУ. УЭХК - ведущий производитель топлива для атомной энергетики.

### 1.1.6 Ангарский электролизный химкомбинат, АЭХК (Ангарск Иркутской обл.)



**АЭХК** – составная часть ядерно-топливного цикла Федерального агентства по атомной энергии, представляющая собой мощный комплекс технологически связанных производств безводного фтористого водорода, газообразного фтора, природного и обогащенного гексафторида урана. Полное название: Федеральное государственное унитарное предприятие «Ангарский электролизный химический комбинат» (Прежнее название: предприятие почтовый ящик 79).

**Основные направления деятельности:** производство обогащенного гексафторида урана для атомной энергетики, производство обогащённого

урана (сначала обогащение гексафторида урана осуществляли методом газовой диффузии, затем – методом газового центрифугирования), химическое производство, приборное производство.



**Место расположения:** комбинат находится в Восточной Сибири, в 100 км западнее озера Байкал на берегу реки Ангара. Основан в 1954 г.

Начало работы предприятия: 1957 г.

**Первый директор:** Новокшенов Виктор Федорович

**В составе предприятия:** - электролизный завод; - химический завод; - ЦЗЛ; - сублиматный завод; - ТЭЦ; - завод по обогащению урана; - приборное производство.

**АЭХК – вехи истории**

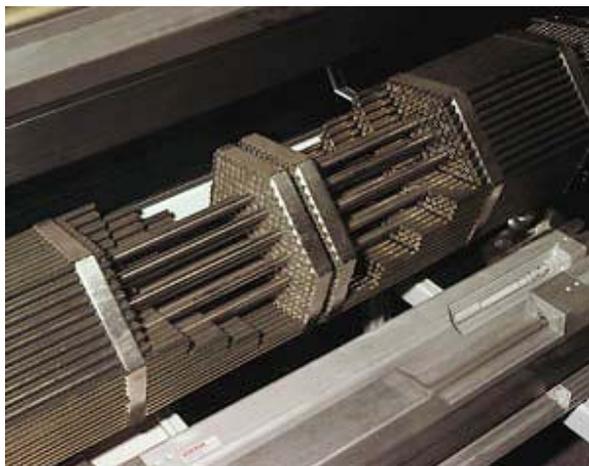
1954 Год основания комбината Решение Совета Министров СССР от 10.03.54 № 409-179. В промышленном комплексе комбината предусматривалось объединение в технологический цикл двух урановых переделов: сублиматного для получения сырьевого гексафторида урана и разделительного для получения обогащенного гексафторида урана. Март 1955 Первые работы по строительству комбината - вырубка леса на территории будущего корпуса диффузионного завода. 21 октября 1957 Пуск первой очереди корпуса № 1 завода по обогащению урана. Построено 1/4 корпуса в объеме 308 диффузионных машин. 29 октября 1957 Получена первая

партия продукции - обогащенный гексафторид урана. 1957 Первые работы по строительству сублиматного завода - подготовка площадок под будущие цеха. 25 октября 1959 Ввод на промышленную нагрузку ТЭЦ. Введен первый блок ТЭЦ в составе турбогенератора мощностью 50 мегаватт и двух котлов. 29 декабря 1961 Ввод в промышленную эксплуатацию сублиматного завода - осуществлено производство сырьевого гексафторида урана, включающего производство фтористого водорода, фтора,



регенерацию урана и газоочистку. май 1962 Ввод в эксплуатацию системы водоснабжения комбината. Построены подводящие и сбросные каналы, водозабор на реке Ангара и насосная станция. июнь 1962 Формирование структуры комбината. 8 февраля 1963 Окончание строительства завода по обогащению гексафторида урана методом газовой диффузии, состоящий из 4 корпусов, с оборудованием, объединенным в одну многокилометровую технологическую цепочку. 29 июля 1966 Комбинат награжден Орденом Трудового Красного знамени. 1961-1985 Модернизация завода по обогащению урана. В результате модернизации производительность завода к 1985 г. составила 185,24 % к проектной без увеличения количества потребляемой электроэнергии и производственных площадей. 1962-1968 Реконструкция сублиматного производства. Внедрены пламенные реакторы, среднетемпературные электролизеры СТЭ-20, конденсаторы трубчатого типа, аппараты улавливания ценных компонентов из пылевзвеси отходящих газов. 1982-1991 Переход завода по обогащению урана на новую технологию - освоена энергосберегающая газодиффузионная технология обогащения гексафторида урана. 1992 Полностью остановлено газодиффузионное оборудование (впоследствии – демонтировано) 1987 Создание на базе комбината приборного производства. Освоено изготовление автоматизированных комплексов индивидуального дозиметрического контроля, особо чистые фториды, оптические монокристаллы. 23 апреля 1995; 16 мая 1997 Пуск установок «Челнок А1» и «Челнок А2». Началась эксплуатация установок по переливу обогащенного гексафторида урана. 31 декабря 1995 Пуск опытно-промышленной установки по производству трифлатов, производных трифторметансульфоновой кислоты (Эти продукты широко используются для изготовления лекарственных препаратов, красителей и биологически активных веществ). Освоено новое производство фторорганических соединений с широким спектром применения. 14 мая 1997 Пуск участка по производству озонобезопасных хладонов. Получена первая партия хладона – 711 кг. 1995-1997 Реконструкция центральной лаборатории. В настоящее время лаборатория оснащена приборами мирового уровня, дающими возможность определять химический, изотопный состав веществ в любом агрегатном состоянии. декабрь 1997 Пуск участка по изготовлению поверочных газовых смесей. Эталонные средства измерения - поверочные газовые смеси - имеют правовой статус государственных стандартных образцов 1-го и 2 –го разрядов. 2000-2001 Произведен пуск блоков третьей захватки здания 801 разделительного производства. За счет собственных средств комбинат увеличил разделительные мощности на 25% . Апрель 2002 На приборном производстве (СКТБ) освоен выпуск комплекса АКЖДК-301. Комплекс предназначен для измерения индивидуальной эквивалентной дозы в смешанных гамма-нейтронных полях. Октябрь 2003 Принято решение о строительстве 5-ой очереди разделительного производства. 15 апреля 2004 На химическом заводе АЭХК произведена полумиллионная тонна гексафторида урана. 24 сентября 2004 Руководителем Росатома утверждено Решение о дальнейшем наращивании разделительных мощностей АЭХК, охватывающее период до 2013. 18 марта 2005 На VIII Международном салоне промышленной собственности АРХИМЕД-2005 Ангарский ЭХК отмечен дипломом и золотой медалью за разработку комплекса АКЖДК-301 и комплекта термомлюминесцентных дозиметров (ДТЛ-01, ДВГН-01, ДВГ-01), предназначенных для ИДК персонала. 21 июня 2005 Органом по сертификации систем менеджмента Ассоциации по сертификации "Русский Регистр" принято решение о выдаче ФГУП "АЭХК" Сертификата соответствия системы менеджмента качества требованиям ИСО 9001:2000.

## 1.2 Заводы ОАО «ТВЭЛ»



### 1.2.1 ОАО «ТВЭЛ» (Москва)

Корпорация «ТВЭЛ» – естественная государственная монополия холдингового типа, осуществляющая производство и поставки свежего ядерного топлива на атомные, исследовательские, транспортные и промышленные реакторы России, а также энергетические и исследовательские реакторы стран ближнего и дальнего зарубежья.

Полное название: открытое акционерное общество (ОАО) «ТВЭЛ»

Место расположения: г. Москва

Основано: в 1996 г.

Основное направление деятельности: организация разработки и производства ядерного топлива,

технологически сопутствующих производству ядерного топлива, ядерных и неядерных компонентов комплексной переработки сырья.

В составе корпорации: производственные предприятия: - ОАО «Машиностроительный завод» (Московская область, г. Электросталь); - ОАО «Новосибирский завод химических концентратов» (г. Новосибирск); - ОАО «Чепецкий механический завод» (Удмуртская Республика, г. Глазов); - ОАО «Химико-металлургический завод» (г. Красноярск); добывающие предприятия: - ОАО «Забайкальский Горно-обогатительный комбинат» (Читинская область, п. Первомайский); - ОАО «Приаргунское производственное горно-химическое объединение» (Читинская область, г. Краснокаменск); - ОАО «Малышевское рудоуправление» (Свердловская область, г. Асбест); - ЗАО «Далур» (Курганская область, с. Уксянское); - ОАО «Хиагда» (Республика Бурятия, пос. Багдарин);

предприятия вспомогательной инфраструктуры: - ОАО «Коммерческий центр 100»; - ЗАО «ТВЭЛ-Инвест»; - ЗАО «СП УКР ТВС».

#### Корпорация «ТВЭЛ» - история и современность

Управляющая компания – ОАО «ТВЭЛ» - создана 12 сентября 1996 года указом Президента Российской Федерации от 8 февраля 1996 года №166 «О совершенствовании управления предприятиями ядерно-топливного цикла». До этого существовало несколько одноименных компаний. В 1991 году на базе Третьего Главного технологического управления Министерства атомной энергетики и промышленности СССР был создан Государственный Союзный концерн «ТВЭЛ», которому были делегированы права по управлению собственностью ряда предприятий и объединений ядерно-топливного цикла страны. В 1992 году с целью объединения предприятий в единую структуру было организовано ОАО «Концерн «ТВЭЛ».



В уставном капитале открытого акционерного общества «ТВЭЛ» в 1996 году были консолидированы акции упомянутых предприятий ядерно-топливного цикла. Все 100% акций ОАО «ТВЭЛ» были закреплены в федеральной собственности. В настоящее время Корпорация «ТВЭЛ» объединяет весь комплекс российских уранодобывающих предприятий, заводов по производству ядерного топлива, а также – организаций вспомогательной инфраструктуры. Корпорация «ТВЭЛ» обеспечивает максимально полный пакет услуг по разработке, изготовлению, лицензированию, поставкам и научно-техническому сопровождению эксплуатации ядерного топлива, включая предоставление гарантий по эксплуатации активных зон реакторов на АЭС. Корпорация «ТВЭЛ» занимает устойчивые позиции на мировом рынке продукции и услуг ядерно-топливного цикла и является одним из мировых лидеров в

производстве ядерного топлива. На топливе с маркой «ТВЭЛ» в 2002 году работали 75 энергетических

реакторов в мире (17% мирового рынка), исследовательские, промышленные и транспортные реакторы в России, странах ближнего и дальнего зарубежья. Соблюдение ядерной, радиационной, экологической и общепромышленной безопасности является приоритетным направлением деятельности корпорации. За все годы работы предприятий на ядерных производствах корпорации не было зафиксировано ни одного нарушения, классифицируемого в пределах международной шкалы оценки ядерных событий (INES). ОАО «ТВЭЛ» постоянно совершенствует свою продукцию, уделяя особое внимание вопросам качества, надежности, безопасности ядерного топлива, внедряя новейшие достижения науки в производство ядерного топлива, обеспечение безопасности его эксплуатации, увеличение сроков топливных кампаний. Корпорация успешно расширяет бизнес в смежных с основным производством отраслях, поставляя на российский и мировой рынок широкий спектр неядерной продукции, в том числе цирконий, литий и кальций. В состав корпорации сегодня входит 15 предприятий ядерно-топливного цикла, в том числе ОАО «Приаргунское производственное горно-химическое объединение», ОАО «Забайкальский горнообогатительный комбинат», ОАО «Мальшевское рудоуправление», ЗАО «Далур» и др.

### **1.2.2 ОАО «Чепецкий механический завод», ЧМЗ (г.Глазов, Удмуртия)**

ОАО «Чепецкий механический завод» - единственное предприятие в России, производящее циркониевую продукцию. За полвека существования завода на ОАО «ЧМЗ» созданы и отработаны технологии получения бинарных и многокомпонентных циркониевых сплавов и изделий из них, используемых не только на предприятиях атомной энергетики, но и в химической, нефтегазовой, медицинской и пищевой отраслях промышленности.



ЧМЗ также является одним из крупнейших мировых производителей кальция и занимает одну из ключевых позиций в России в технологическом цикле изготовления ядерного топлива на основе природного урана. Продукция из природного урана выпускается в виде слитков, порошка металлического урана, оксида урана и тетрафторида урана. Наряду с продукцией из природного урана

предприятие выпускает изделия из обедненного металлического урана. Его применение определяется высоким удельным весом, способностью задерживать ионизирующее излучение, особыми механическими свойствами. ОАО «ЧМЗ» обладает технологией обработки обедненного урана, позволяющей производить широкую гамму сплавов на его основе с требуемыми физическими, механическими и эксплуатационными свойствами. Продукция из обедненного урана может выпускаться в виде слитков, прутков, плит, листов и изделий любой сложной конфигурации.

Полное название: открытое акционерное общество «Чепецкий механический завод»

Место расположения: г. Глазов, Республика Удмуртия

Основан: в 1946 г. Первый директор: Белов Александр Романович

Основные направления деятельности: производство изделий из циркониевых сплавов, природного и обедненного урана, металлического кальция и его соединений

#### **ОАО «ЧМЗ» - история и современность**

ОАО Чепецкий механический завод», входящее в состав открытого акционерного общества «ТВЭЛ», - крупнейший в России производитель изделий из циркониевых сплавов, природного и обедненного урана, металлического кальция и его соединений. Название предприятия связано с именем реки (Чепца), на берегу которой в городе Глазове Удмуртской Республики уже более 50 лет действует предприятие. Завод основан 19 декабря 1946 года на базе бывшего патронного завода. Новое предприятие создавалось для производства металлического урана, остро необходимого в то время оборонной промышленности. С 1949 года ОАО «Чепецкий механический завод» занимает одну из ключевых позиций в России в технологическом цикле изготовления ядерного топлива на основе природного урана. Предприятие выпускает: - слитки металлического урана; - порошок металлического урана; - тетрафторид урана; - сплавы на основе урана. Это - высокотехнологичная промышленная продукция, качество которой



удовлетворяет самым строгим требованиям атомной энергетики. Сырьем для изготовления данной продукции являются урановые концентраты, урановые отходы, закись-окись, металлический уран.

Постоянно совершенствуя уникальные технологии, завод осуществил и осуществляет ряд программ по улучшению эксплуатационных показателей своей продукции. Наряду с продукцией из природного урана предприятие уже более 30 лет выпускает изделия из обедненного металлического урана. Он остается после извлечения специальными методами из природного урана его изотопа – урана-235, используемого в ядерном топливе. Области применения обедненного металлического урана основаны, прежде всего, на его высоком

удельном весе ( $> 18 \text{ г/см}^3$ ), значительно более высокой, чем у других материалов (например, у свинца), способности задерживать ионизирующее излучение, на особых механических свойствах. Он используется для надежной биологической защиты там, где применяются источники ионизирующих излучений. ОАО ЧМЗ обладает современной технологией обработки обедненного урана, позволяющей производить широкую гамму сплавов на его основе с необходимыми физическими, механическими и эксплуатационными свойствами. Продукция из природного урана выпускается в виде слитков, порошка металлического урана, оксида урана и тетрафторида урана. Это высокотехнологичная промышленная продукция, качество которой удовлетворяет самым строгим требованиям атомной энергетики. Одновременно с организацией уранового производства на заводе проводились работы по получению сверхчистого металлического кальция, и уже в ноябре 1954 года была сдана в эксплуатацию первая очередь промышленного производства кальция на Чепецком механическом заводе, а в августе 1956 года была принята в эксплуатацию и вторая очередь. В 1957 году принимается решение об организации на заводе производства циркония. И уже в 1959 году на нем были получены первые слитки циркониевых сплавов. За более чем 40-летний период существования этого производства созданы уникальные технологии получения бинарных и многокомпонентных циркониевых сплавов и изделий из них, используемых не только в атомной промышленности, но и в химической, нефтегазовой, пищевой и других отраслях промышленности.



ОАО ЧМЗ – единственный в России и один из крупнейших в мире производитель изделий из циркониевых сплавов. В основу технологических процессов заложены новейшие достижения по обработке и сварке циркониевых сплавов, защите материалов от локальной и общей коррозии, стабилизации их структуры и физико-механических свойств. 11 ноября 1966 года во исполнение Постановления СМ СССР по министерству среднего машиностроения был издан приказ о строительстве на ЧМЗ прокатно-прессового производства изделий из циркониевых сплавов. А в июне 1973 года трубное производство вышло на проектную мощность. В 1966 году Указом Президиума ВС СССР ЧМЗ был награжден орденом «Трудового Красного Знамени».

ОАО «Чепецкий механический завод» занимает одну из ключевых позиций в России в технологическом цикле изготовления ядерного топлива на основе природного урана, является единственным предприятием в России, производящим циркониевую продукцию. ЧМЗ

также - один из крупнейших мировых производителей кальция. ОАО параллельно с совершенствованием существующих технологий освоило производство редкоземельной продукции, ниобия, керамики на основе диоксида циркония и др.

### **1.2.3 Новосибирский завод химических концентратов, НЗХК, (Новосибирск)**

АО НЗХК - одно из крупнейших предприятий российского ядерного топливного цикла.

Полное название: открытое акционерное общество «Новосибирский завод химконцентратов»

Первоначальное название: Государственный союзный завод № 250.



Место расположения: г. Новосибирск.

Основан: в 1948 г. Первый директор: Михайлов Александр Михайлович.

Основное направление деятельности: выпуск ядерного топлива (на базе естественного урана) в алюминиевых оболочках для промышленных и исследовательских реакторов, производство ТВС для реакторов типа ВВЭР-1000, производство лития и его соединений, химикатов для бытового и промышленного применения, режущего инструмента

и других видов продукции и услуг

### **НЗХК – история и современность**



25 сентября 1948 вышло постановление СовМина СССР о строительстве в Новосибирске (на площадке бывшего автозавода) Завода № 250. Деятельность предприятия была направлена на создание производства с полным технологическим циклом - от переработки природного урана до выпуска тепловыделяющих элементов для промышленных реакторов. 2 февраля 1951 произведён пуск производства закиси-оксида урана. 29 марта 1951 проведена первая восстановительная плавка. В апреле проведено 11 рафинировочных плавок и получено 88 штук блочков металлического урана. 7 июля состоялся пуск отделения получения пероксида. Пуск полного технологического цикла завершен в сентябре. Получено 62,35 кг тетрафторида урана. 2

ноября получен первый черновой металл в металлургическом цехе. 4 ноября началось изготовление алюминиевых стаканчиков. В 1953 годовой выпуск урановых изделий превысил проектную мощность. В 1954 г. выдал продукцию рудный цех. Создано литейное производство - технологический комплекс, способный перерабатывать сырье, получая максимально чистый литий и его соли. Начато производство твэлов и тепловыделяющих сборок для исследовательских реакторов. В 1967 г. в рудном цехе внедрён сорбционный метод извлечения урана из кислых пульп от вскрытия рудного сырья. Изготовлена активная зона для реактора «БИГР». В 1972 в рудном цехе внедрена экстракционная схема извлечения урана из кислых пульп химконцентрата. В 1976 организовано производство углекислого лития. Осуществлена переработка гексафторида урана в окислы на установке «Сириус». В 1979 организован цех по производству ТВС для ядерного энергетического реактора ВВЭР-1000. Изготовлена первая перегрузка для реактора ВВЭР-1000 Нововоронежской АЭС. Сегодня НЗХК обеспечивает топливом 24 реактора типа ВВЭР в России и за рубежом, на которых вырабатывается до 150 млрд. кВт/ч электроэнергии, что составляет 17% всей вырабатываемой в России. В 1983 принят в эксплуатацию корпус цеха производства лития и его водородных соединений. В феврале 1984 года выдана первая партия металлического лития. В 1986 введена в промышленную эксплуатацию технологическая цепочка изготовления твэлов «Людмила». Создан участок по сборке химических источников тока на основе лития и двуокиси марганца. В 1989 освоены технологии производства углеродминерального сорбента и пористых композиционных фильтров. В 1991 создан производство цеолитных катализаторов. В 1993 освоен выпуск геля полиэтиленоксида для технических целей. В 1995 начинается подготовка к выпуску кассет ВВЭР-440 и выпуск в промышленных объемах гидроксида лития -7. В 1997 изготовлена первая партия кассет ВВЭР-440. В декабре 1992 в рамках Парижского межгосударственного договора построено здание для хранения водородосодержащих литейных материалов в условиях безопасности (программа АИДА). В 2002 запущен в эксплуатацию автоматизированный лазерный комплекс для обработки деталей сложных форм. Начат выпуск сборок ТВС-2 и реконструкция литейного производства, а также внедрение технологической схемы использования в качестве исходного сырья карбоната лития чилийского производства. В 2003 начат выпуск сборок ТВС-А.



### **1.3 Машино- и приборостроительные заводы**

#### **1.3.1 «Красная Звезда» (Москва)**

ФГУП «Красная Звезда» является единственным в мире производителем космических ядерных энергетических установок и обладает опытом эксплуатации 32 таких изделий.

Полное название: Федеральное государственное унитарное предприятие «Красная Звезда»

Первоначальные названия: ОКБ № 3, ОКБ № 670, ОКБ-456, Институт двигателей, МКБ «Красная Звезда» и ОКБ «Заря», НПО «Красная звезда»

Место расположения: г. Москва

Основано в 1972 г. Первый директор: Грязнов Георгий Михайлович

**Основные направления деятельности** - разработка технологий и производство: космических ЯЭУ, каналов контроля нейтронной мощности реакторных установок (ПИК), вспомогательного оборудования АЭС; оборудования для переработки жидких радиоактивных отходов; установок для получения питьевой воды; мобильных установок для очистки грунта от радионуклидов и тяжелых металлов; алмазного инструмента, оборудования для микроэлектроники и медицины; оборудования для ионного легирования и защиты ценных бумаг.

#### **1.3.2 ПО «Машиностроительный завод «Молния» (Москва)**

Машиностроительный завод «Молния» является первым (с 1945) серийным заводом нынешнего Росатома и на протяжении всей своей истории активно участвовало в разработке и производстве самых совершенных видов ядерных вооружений.

Полное название: Федеральное государственное унитарное предприятие «Производственное объединение «Машиностроительный завод «Молния»

Первоначальные названия: Фитинговский завод, Государственный союзный завод № 48

Место расположения: г. Москва

Основано в 1929 г.

Начало работы предприятия: 1934 г.

**Основные направления деятельности:** военная техника, а также оборудование для переработки продукции агропромышленного комплекса, счетчики-расходомеры тепла и жидкости, высоковольтная техника.

#### **1.3.3 Приборостроительный завод (г. Трехгорный, Челябинская обл.)**

ФГУП «Приборостроительный завод» является одним из ведущих предприятий ядерно-оружейного комплекса Российской Федерации.

Полное название: Федеральное государственное унитарное предприятие «Приборостроительный завод»

Первоначальные названия: Завод №933 Главгорстроя СССР, Предприятие п/я 17, Предприятие п/я Г-4146

Место расположения: г. Трехгорный Челябинской обл.

Основан в 1952 г. Первый директор: Володин Константин Арсеньевич

**Основное направление деятельности:** полный цикл изготовления широкой номенклатуры высокотехнологичной продукции и товаров народного потребления. В процессе выполнения конверсионной программы, наметились приоритетные направления производства: аппаратура

контроля и управления для атомных станций, выпуск товаров народного потребления, медицинской техники и т.д.

#### **1.3.4 ПО «Старт» (г. Заречный Пензенской обл.)**

ПО «Старт» – это многопрофильный научно-производственный комплекс, одно из крупнейших предприятий Росатома.

Полное название: Федеральное государственное унитарное предприятие «Производственное объединение «Старт»

Первоначальные названия: завод № 1134, Пензенский механический завод, предприятие п/я 46.

Место расположения: г. Заречный Пензенской обл.

Основано в 1954 г. Первый директор: и.о. директора Любовин Юрий Петрович (февраль 1955 г.), директор Проценко Михаил Васильевич (август 1955 г.).

**Основные направления деятельности:** разработка и серийный выпуск изделий обработки и передачи информации; устройств защиты информации; систем контроля и управления доступом; технических средств охраны; элементов физической защиты объектов; систем телемеханики; систем коммерческого учёта энергоносителей; преобразователей измерительных различных физических величин (давления, температуры, перемещения и др.); малогабаритных станков; приборов и инструментов для диагностики и лечения.

#### **1.3.5 Приборный завод «Сигнал» (г. Обнинск)**

Открытое акционерное общество "Приборный завод "Сигнал" - это приборостроительный завод ядерно-физического профиля. Завод успешно конкурирует с отечественными и зарубежными производителями на рынке данного вида продукции.

Полное название: Открытое акционерное общество «Приборный завод «Сигнал»

Место расположения: г. Обнинск Калужской обл.

Основан в 1968 г. Начало работы предприятия: 1971 г. Первый директор: Смоляр Ф.Н.

**Основное направление деятельности:** изготовление электронных систем управления и контроля работы реакторов АЭС, контроля радиационной обстановки ядерно-опасных объектов, дозиметрических приборов и газосигнализаторов различного назначения для нужд силовых министерств и ведомств. Разработка и серийный выпуск систем пожарной сигнализации широкого спектра применения, передатчиков малой и большой мощности метрового и дециметрового диапазонов аналогового и цифрового транслирования.

#### **1.3.6 Приборный завод «Тензор» (г. Дубна)**

Одно из крупнейших предприятий приборостроения, действующее в системе Росатома. Градообразующее предприятие наукограда Дубны.

Полное название: Открытое акционерное общество «Приборостроительный завод «Тензор»

Место расположения: г. Дубна Московской обл.

Начало производственной деятельности: 1973 г.

**Основные виды деятельности:** разработка и изготовление продукции по направлениям: Комплексные системы контроля и управления физической защитой объектов, в том числе и ответственных потребителей; Системы и приборы пожарно-охранной сигнализации и автоматического пожаротушения; Системы контроля и управления технологическими процессами, в том числе и особо важных объектов.

**Основные виды производства и технологии:** Микроэлектронное производство; Механо-сборочное производство; Химико-гальваническое производство; Сборочно-монтажное производство.

#### **1.3.7 Уральский электромеханический завод, УЭМЗ (Екатеринбург)**

«Уральский электромеханический завод» является одним из крупнейших многопрофильных заводов Росатома.

Полное название: Федеральное государственное унитарное предприятие «Уральский электромеханический завод»

Первоначальные названия: Завод №. 707

Место расположения: г. Екатеринбург

Основан в 1941 г.

**Основные направления деятельности:** выпуск изделий для оборонного комплекса, а также изделий электронного и электромеханического приборостроения, средств телекоммуникаций, промышленной электротехники, медицинской аппаратуры и инструментов, наукоёмкой продукции приборостроения, прогрессивного режущего инструмента, аппаратуры сложной бытовой техники, мебели и других товаров народного потребления.

### **1.3.8 «Электрохимприбор» (г. Лесной Свердловской обл.)**

Комбинат «Электрохимприбор» – одно из крупнейших многопрофильных предприятий Росатома.

Полное название: Федеральное государственное унитарное предприятие «Комбинат «Электрохимприбор»

Первоначальные названия: Завод № 418

Место расположения: г. Лесной Свердловской обл.

Основан в 1947 г.

**Основные направления деятельности:** серийный выпуск спецтехники по государственному оборонному заказу, производство гражданской продукции для различных отраслей промышленности.

### **1.3.9 «Элерон» (Москва)**

СНПО «Элерон» - крупнейшее в стране научно-исследовательское, проектно-конструкторское и монтажно-наладочное предприятие по созданию технических средств охраны, систем безопасности и оснащению ими объектов различного назначения.

Полное название: Федеральное государственное унитарное предприятие «Специальное научно-производственное объединение «Элерон»

Первоначальные названия: лаборатория № 36 п/я 912 (ВНИИ химической технологии), ВНИИФП

Место расположения: г. Москва

Основано в 1963 г.

**Основное направление деятельности:** создание технических средств охраны, систем безопасности и оснащение ими объектов различного назначения; обеспечение безопасности важных, особенно ядерно- и радиационно-опасных объектов.

В составе предприятия: ДГУП «Дедал», г. Дубна; ДГУП «Лептон», г. Пятигорск.

## **2. ОСНОВНЫЕ РАДИОХИМИЧЕСКИЕ ПРЕДПРИЯТИЯ МИРА**

Остановимся теперь на радиохимических предприятиях России и мира. Расположение их на карте мира представлено на Рис.2.

Примечание: На карте не показаны: два остановленные небольшие коммерческие предприятия в Бельгии и Германии; пилотные и исследовательские установки. 1. В 40-е и 50-е годы в г.Хэнфорде (США) функционировали первые в мире радиохимические предприятия T, B, и U. 2. Хотя отраженная в названии номинальная мощность предприятия UP2-800 составляет 800 т, его проектная мощность выше. ЭДФ подписала с «КОЖЕМА» контракт на переработку на этом предприятии 850 т ОЯТ; именно эта цифра более точно отражает мощность UP2-800. 3. В 1956-76 гг. РТ-1 действовал в качестве военного предприятия; с 1977 г. он имеет гражданское назначение.

Место	Типа	Предприятие	Мощность т/г	Даты
-------	------	-------------	-----------------	------

Челябинск/г.Озерск	Военное/коммерческое	РТ-1	440	1948
Доунри	Военное	D1204 D1206	-	1958-1958-98?
Гуаньян, Сычуань	Военное	Завод 821	-	конец 1960-х гг.
Хэнфорд	Военное	Редокс Пурекс	-	1951-66 1956-88
INEEL	Военное	Радиохимический завод в Айдахо	-	1953-92
Атомный энергетический комбинат Цзючжань	Военное	Завод 404	-	1970
Калпаккам	Коммерческое	KARP	100	1996
Красноярск/г.Железногорск	Коммерческое	RT-2	-	2005?
Красноярск/г.Железногорск	Военное	Горнохимический комбинат	-	1964
Ла Хаг	Коммерческое	UP2 UP2-800 UP3	400 850 800	1966-93 1994- 1990-
Маркуль	Военное	UP1	400	1958-97
Роккашо	Коммерческое	Роккашо-мура	800	2003?-
Саванна-Ривер Сайт	Военное	Каньон F Каньон H	-	1953-1953-
Тарапур	Коммерческое	PREFRE	100	1982-
Токай	Коммерческое	Токай-мура	100	1977-
Томск/г.Северск	Военное	Сибирский химкомбинат	-	1956?-
Тромбей	Военное	BARC	-	1964-
Уэст Вэлли	Коммерческое	-	300	1966-72
Уиндскейл	Военное	B204	-	1951-64
Уиндскейл/Селлафилд	Военное/коммерческое	B205 THORP	1500 700	1964-1994-

## 2.1 Соединенные Штаты Америки

В период второй мировой и «холодной» войн Соединенные Штаты выделили около 100 т плутония. Выделение плутония (или репроцессинг) велось, главным образом, в Хэнфорде, штат Вашингтон и в Саванна-Ривер-Сайт, штат Южная Каролина. Кроме того, в небольших масштабах репроцессинг осуществлялся в национальных лабораториях, например, в Лос-Аламосе, Нью-Мексико. В национальной инженерной лаборатории штата Айдахо (INEL) репроцессинг проводился в целях выделения высокообогащенного урана из продуктов деления ОЯТ военно-морских реакторов. Все указанные объекты находятся в федеральной собственности. Единственное негосударственное радиохимическое предприятие расположено в Уэст-Вэлли, штат Нью-Йорк. Оно закрыто в 1972 г., а выделенный там плутоний передан федеральному правительству.

После заключения соглашений по сокращению США пообещали, что деятельность в области репроцессинга будет прекращена. Однако выполнение этого обещания столкнулось со значительными трудностями политического характера. В 1996 г. действительно закрылись радиохимические предприятия в Хэнфорде, но в других местах репроцессинг из соображений сохранения рабочих мест, напротив, скорее набирает темпы, чем приближается к завершению. В Саванна-Ривер-Сайт находятся два последних радиохимических предприятия в США, функционирующие на базе разработанной несколько десятилетий назад технологии PUREX. Предполагалось, что построенные там в 50-е гг. огромные бетонные конструкции прекратят производство до конца 20-го столетия. Но в связи с необходимостью завершить переработку находящегося на объекте облученного топлива и других ядерных материалов, оставшихся после «холодной войны», а также из-за задержек, вызванных опасениями относительно безопасности, дата остановки заводов перенесена. Кроме того, руководство Саванна-Ривер-Сайт предлагает продлить эксплуатацию радиохимических предприятий на 30 лет путем их использования для переработки отходов с других объектов министерства энергетики и, возможно, реакторов АЭС. Радиохимический завод на INEL законсервирован; возобновление его функционирования не планируется. Однако в строй введено новое меньших размеров радиохимическое предприятие, основанное на новой технологии, пока не имеющей коммерческого применения. Эта технология, часто именуемая пиро- или электропереработкой, была разработана в рамках американской программы по созданию реакторов-размножителей, реализация которой была прекращена в 1995 г. вследствие проблем технического и экономического характера, а также из-за риска распространения ядерного оружия. Тем не менее, часть программы связанная с репроцессингом продолжается как «деятельность по обращению с отходами».

## **2.2 Французский репроцессинг**

Франция имеет наибольший опыт в переработке оружейного и энергетического плутония, производства МОКС-топлива и его утилизации в реакторах АЭС. Остановимся на французском подходе несколько подробнее.

Во Франции производство плутония началось в рамках исследовательской программы по созданию ядерного оружия, реализация которой началась после второй мировой войны. Три реактора по производству плутония были введены в эксплуатацию в 1956 - 58 гг. в г.Маркуль. Первый полномасштабный радиохимический завод UP1 начал функционировать в 1958 г. В 1976 г. была основана компания КОЖЕМА (COGEMA), принадлежащая Комиссариату по атомной энергии. В ее ведение были переданы технологии и объекты, созданные в рамках программ по созданию ядерного оружия. КОЖЕМА отвечает за реализацию французской программы по репроцессингу и заключает контракты как с военными, так и с французской гражданской электрической компанией «Электрисите де Франс» (ЭДФ). КОЖЕМА принадлежит два крупных радиохимических предприятия на мысе Ла-Хаг (UP2 и UP3). В 1995 г. вместе они произвели 80% всего выделенного плутония в мире. Номинальная ежегодная мощность каждого предприятия составляет 800 т тяжелого металла, что эквивалентно производству выделенного плутония в размере 8000 кг в год. Эксплуатация UP2 началась в 1966 г., первоначально оно предназначалось для переработки отработанного топлива реакторов типа «Магнокс». Его номинальная мощность постоянно менялась до тех пор, пока не была установлена в размере 400 т в год. Начиная с 1976 г. на предприятии были установлены дополнительные мощности, позволяющие перерабатывать оксидное топливо легководных реакторов типа ЛВР. После 1994 г., в результате значительной модификации и расширения, предприятие действует под наименованием UP2-800, что отражает новую ежегодную номинальную мощность завода. Предприятие UP3 вступило в строй в 1990 г. В течение последних 20 лет развитие французской промышленности зависело от крупных контрактов с зарубежными поставщиками ОЯТ. Более половины перерабатываемого в Ла-Хаг отработанного топлива ЛВР — иностранного происхождения. Предприятие UP2 перерабатывало топливо зарубежных клиентов до 1990 г. После этого оно целиком переключилось на

французских поставщиков (за исключением небольшого количества немецкого МОКС-топлива, перерабатываемого в демонстрационных целях). Предприятие UP3, финансируемое иностранными инвесторами, как ожидается, перерабатывает исключительно поступающее из-за границы топливо. В настоящее время КОЖЕМА предоставляет услуги по переработке ядерного топлива для энергетических компаний Германии, Японии, Бельгии, Нидерландов и Швейцарии. СЖН, дочерняя инженерная компания КОЖЕМА, предоставила основанное на технологии заводов в Ла-Хаг ноу-хау для строительства радиохимического предприятия в Роккашо-мура в Японии.

Несмотря на декларацию политики по переработке всего извлекаемого из реакторов отработанного топлива, Франция оказалась неспособной осуществить ее на практике. В настоящее время мощности радиохимических заводов в м.Ла-Хаг целиком заполнены ЭДФ и иностранными поставщиками, что позволяет КОЖЕМА перерабатывать 850 т из примерно 1200 т ОЯТ, ежегодно нарабатываемого французскими реакторами. Не подвергнутое репроцессингу отработанное топливо направляется в хранилища. В 1996 г. впервые стало ясно, что ЭДФ более не намерена придерживаться политики переработки всего отработанного топлива. В настоящее время внутри французского ядерного истеблишмента разразился конфликт относительно определения будущей стратегии обращения с отработанным ядерным топливом. ЭДФ выразила сомнения относительно использования смесового уран-плутониевого (МОКС) топлива из-за его высокой стоимости по сравнению с урановым топливом.

В настоящее время 16 реакторов получили лицензию на использование МОКС (при 30% загрузке). К концу 1996 г. девять из них уже были загружены этим топливом. ЭДФ вынуждена расширять свою МОКС - топливную программу и запросила лицензии на использование МОКС дополнительно для 12 реакторов. Франция уже располагает очень значительными запасами плутония, которые еще более возрастут в последующие годы по причине ограниченных мощностей по производству МОКС и сохранению уровня производства самого плутония. По состоянию на декабрь 1995 г. официальные данные по французским запасам необлученного плутония в различных формах достигли 55300 кг, в том числе 27500 кг принадлежало иностранным государствам. Таким образом, Франция стоит перед лицом дальнейшего обострения обеих проблем: отработанного топлива и запасов выделенного плутония.

### **2.3 Великобритания**

После Франции Великобритания является крупнейшей мировой державой по переработке отработанного топлива реакторов АЭС. Эта деятельность осуществляется на предприятии В205 в Уиндскейле/Селлафилде на северо-западе Англии. Гражданский репроцессинг начался в 1964 г.; его планируется продолжить до 2010 г. Начиная с 1964 г. топливо тепловых ядерных реакторов «Магнокс» и аналогичных реакторов, действующих в Японии и Италии перерабатывается в Уиндскейле/Селлафилде. К концу 1995 г. было переработано 26800 т ОЯТ, из которого выделено 59 т плутония. Переработку топлива реакторов «Магнокс» планируется продолжать до 2015 г., т.е. в течение 5 лет после закрытия последнего реактора данного типа в Великобритании. К тому времени на В205 будет выделено 90 т плутония. В 1969 г. в Уиндскейле началась переработка оксидного топлива: введен в строй завод Хед-энд (НЕР), где оксидное топливо перерабатывалось в сырье для предприятия В205. Всего до 1973 г., в комплексе НЕР/В205 было переработано 110 т топлива и выделено 400 кг плутония. В 1995 г. началась крупномасштабная переработка оксидного топлива после открытия в Меллафильде Завода по переработке тепловых оксидов (THORP) мощностью 700 т топлива в год. В течение первых десяти лет 70% производства на THORP будет обеспечено поставками топлива из-за рубежа (в том числе – с АЭС Швейцарии). До 2005 г. должны быть выполнены контракты на переработку 6600 т отработанного топлива. Британская энергетическая компания «Бритиш Энерджи» предполагает переработать 2600 т топлива; кроме того, в 1990 г. немецкие энергетические компании подписали контракты на переработку 700 т. Эти контракты обеспечат функционирование THORP до 2010 г.

Начиная с 1958 г. переработка топлива реакторов-размножителей и исследовательских реакторов типа MTR (Materials Test Reactor) осуществляется в Дунрее в Северной Шотландии. Там действуют два предприятия, находящиеся в ведении Управления по атомной энергии Соединенного Королевства: D1204 для переработки топлива реакторов MTR и D1206 — реакторов-размножителей. D1204 представляет собой небольшое предприятие, перерабатывающее топливо как британских, так и иностранных исследовательских реакторов. D1206 было открыто в 1961 г. и перерабатывает топливо на базе высокообогащенного урана с Демонстрационного реактора-размножителя, закрытого в 1977 г., и прототипа реактора-размножителя, остановленного в 1994 г. Оба этих реактора также находились в Дунрее. К концу 1995 г. там была переработана 21 т топлива, содержащая около 4,5 т плутония.

## **2.4 Япония**

Японская политика в области ядерного топливного цикла состоит в достижении полной переработки всего отработанного топлива и потребления в качестве реакторного топлива всего выделенного плутония. В рамках этой политики государственная Корпорация по разработке энергетических реакторов и ядерного топлива (PNC создала и приступила в 1977 г. к эксплуатации Токайского радиохимического предприятия. Японские компании по производству электроэнергии также подписали контракты с корпорациями КОГЕМА и БНФЛ о переработке около 700 т отработанного топлива на предприятиях в Ла-Хаг (Франция) и Селлафилде (Великобритания). Кроме того, корпорация «Джапан ньюклар фьюэл лимитед» постороила коммерческое предприятие в Роккашо (префектура Аомори). К концу 1994 г. общее количество накопленного отработанного топлива легководных реакторов достигло 10400 т. Эта цифра увеличивается на 1000 т ежегодно. Предприятие в Токае функционирует в качестве пилотного и к концу 1995 г. переработало всего 864 т отработанного топлива. Принимая во внимание незначительную мощность предприятия в Токае, наряду с принятием решения о том, что новые контракты на переработку топлива за границей более не будут заключаться, Япония не сможет переработать все свое накопленное отработанное топливо. Мощности завода в Роккашо по переработке 800 т и по хранению 3000 т тяжелого металла сумеют поглотить лишь незначительную долю уже накопленного отработанного топлива, а также того топлива, которое будет продолжать нарабатываться из года в год. С точки зрения потребления плутония центральное правительство и энергетические компании оказались перед лицом серьезной проблемы излишков.

Амбициозная японская плутониевая программа переживает серьезные технические, экономические и политические трудности. В 1995 г. японские энергетические компании вынудили правительство по экономическим соображениям прекратить реализацию проекта по созданию использующего МОКС-топливо перспективного теплового реактора Ома. Инцидент с утечкой натриевого охладителя на реакторе-размножителе Монджу, произошедший 8 декабря 1995 г., нанес серьезный удар по всей правительственной плутониевой программе. После этого реализация японской программы по созданию быстрых реакторов была отложена.

В целях выполнения обязательств по отказу от накопления запасов плутония японское правительство планирует использовать большую часть выделенного в Европе плутония в качестве МОКС-топлива для легководных реакторов. Однако программа по использованию МОКС также может подвергнуться значительным изменениям из-за оппозиции со стороны местных властей. Политика Японии в области репроцессинга стоит перед лицом противоречия. С одной стороны, Токио испытывает трудности, связанные с недостатком мощностей по переработке отработанного топлива. С другой стороны, не решена проблема все возрастающих запасов избыточного плутония.

## **2.5 Индия**

В течение долгого времени Индия проводила политику по созданию замкнутого топливного цикла путем переработки плутония в быстрых реакторах. Это делалось в рамках

программы по разработке энергетических реакторов типа CANDU, использующих в качестве топлива природный уран. Долгосрочной целью индийской программы является производство электроэнергии на АЭС путем использования больших запасов тория-232. В настоящее время в Индии имеется три радиохимических предприятия. Они находятся в ведении Управления атомной энергии (DAE) и имеют общую проектную мощность около 230 т. Ни одно из этих предприятий не находится под гарантиями МАГАТЭ.

Первое индийское радиохимическое предприятие начало функционировать в 1964 г. в Атомном исследовательском центре Бхабха (BARC) в Тромбее. Оно перерабатывает топливо, поступающее с исследовательских реакторов «Сайрус» и «Дхрува». Всего на небольшом предприятии BARC было выделено около 400 кг плутония. Этот плутоний использовался в индийской программе по созданию ядерного оружия. Плутоний, содержащийся в «ядерном заряде мирного назначения», который был взорван в 1974 г. в штате Раджастхан, был наработан в Бхабхе. Второе радиохимическое предприятие, Объект по переработке топлива энергетических реакторов (PREFRE), было введено в эксплуатацию в Тарапуре в 1982 г. Оно предназначалось для переработки топлива реакторов CANDU. Проектная мощность этого предприятия — 100 т топлива в год. Однако его реальный уровень производства был ограничен по техническим и организационным соображениям. Кроме того, Индия предпочитает избегать накопления запасов плутония. В настоящее время в Тарапуре перерабатывается топливо, поступающее только с двух АЭС — Раджастханской и Мадрасской. К концу 1995 г. в Тарапуре было переработано 310 т ОЯТ с АЭС в Мадрасе и Раджастхане, что позволило выделить 900 кг плутония. В марте 1996 г. вступило в эксплуатацию радиохимическое предприятие в Калпаккаме (KARP), расположенное недалеко от Мадраса в Центре атомных исследований им. Индиры Ганди. Согласно проекту, предприятие в Калпаккаме должно перерабатывать топливо с Мадрасской АЭС и имеет проектную мощность в 100 т топлива реакторов CANDU в год. Это соответствует выделению 350 кг плутония ежегодно.