

На территории Казахстана остались резервные склады бериллиевых концентратов, ранее добытые в России, в том числе и уникальных концентратов Ермаковского месторождения, содержащих 11—14% BeO. Согласно данным ФЦП “Либтон” производство должно быть восстановлено до 60 т/год бериллия. Причем завод должен быть построен на промплощадке Забайкальского горно-обогатительного комбината, поскольку там имеется обогатительная фабрика по производству бериллиевых концентратов из руд Ермаковского месторождения. Однако решение о строительстве такого производства не принято, и поэтому требуется обеспечить поставки бериллиевой продукции из Казахстана.

Ниобий, тантал. Сырьевая база этих металлов связана с двумя месторождениями Забайкалья “Этыка”, “Катугинское”. Большой интерес представляет Катугинское комплексное месторождение (ниобий, тантал, цирконий). Его освоение будет зависеть от сроков строительства железной дороги.

Оба месторождения могут обеспечить длительную эксплуатацию. В рамках программы “Либтон” в 1999 г. начата опытно-промышленная эксплуатация обогатительной фабрики и проектирование цеха по комплексной переработке руд с получением 40—60 т/год ниобия и тантала, т.е. будет обеспечена вся потребность в них.

В 1999 г. проведена большая работа по отработке технологии получения 7%-ного концентрата с последующей переработкой гидрометаллургическим методом, что позволяет резко сократить расходы реагентов.

Другие металлы и материалы. Для оборонной и авиационной промышленности важными являются такие металлы, как скандий, рений, вольфрам и некоторые другие. Предприятия министерства имеют опыт работы в этой области, особенно при попутном извлечении из производственных растворов подземного выщелачивания урана.

В районах действия восточных предприятий министерства расположены крупные золотосодержащие территории. За последние годы, несмотря на общее снижение добычи золота, пущены новые золотодобывающие предприятия. С этой точки зрения целесообразно развернуть работы по подземному выщелачиванию золота и переработке техногенных продуктов. По предварительным оценкам для этих работ могут быть использованы десятки месторождений с запасом ~20—30 т. При этом в короткие сроки можно организовать производства с получением до 6 т/год золота с использованием технологии подземного и кучного выщелачивания (срок окупаемости 2—3 года). Рентабельность работ высокая, но требуется закупка лицензий на месторождения.

СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗДЕЛИТЕЛЬНЫХ ПРОИЗВОДСТВ

Сафутин В.Д., Вербин Ю.В., Толстой В.В. (ВНИПИЭТ)

К настоящему времени разделение изотопов урана получило развитие в передовых развитых странах мира, таких, как США, Россия, Франция, Великобритания, Германия, Нидерланды, Япония, Китай.

Более 95% мощностей мировой разделительной промышленности базируется на двух молекулярных методах: газовой диффузии и газоцентрифужном. Имеются полупромышленные установки (Бразилия, ЮАР), работа которых основана на эффекте разделения изотопов в сверхзвуковой струе газа. В США проведены крупномасштабные разработки по лазерному разделению изотопов урана на парах металлического урана, доведенные до создания полупромышленного модуля большой мощности. Однако возникшие технические трудности привели к прекращению работ по этому методу.

Развитие разделительной промышленности в СССР и России. Разделительная промышленность СССР была создана в конце 40-х годов для производства оружейного урана с обо-

гашением по ^{235}U до концентрации 90%. Первый промышленный завод был создан на комбинате под Свердловском на основе газодиффузионного метода разделения. В течение короткого исторического периода (1945—1963 гг.) были введены в эксплуатацию четыре газодиффузионных завода, продукция которых шла на изготовление ядерного оружия, а также обеспечение ядерным топливом энергетических установок атомного флота. Часть обогащенного урана направлялась на мирные цели для снабжения ядерным топливом нарастающей ядерной энергетики. В 60-х гг. велись интенсивные работы по реализации газоцентрифужного метода разделения изотопов урана, и в 1962 г. был пущен в эксплуатацию первый в мире газоцентрифужный завод. Преимущества этого метода, главным образом, его малая энергоемкость (примерно в 20 раз меньше, чем для метода газовой диффузии) позволили отказаться от газовой диффузии и постепенно переоснастить большинство диффузионных корпусов газовыми центрифугами.

В настоящее время Россия обладает самыми большими разделительными мощностями газоцентрифужных заводов в мире, что позволяет ей успешно конкурировать на международном рынке обогащенного урана, эффективно работать в изменившихся экономических условиях и использовать ранее накопленные богатые отвалы как альтернативу дефицита природного урана. За прошедшие годы были разработаны и пущены в серийное производство семь поколений газовых центрифуг, из которых последние три эксплуатируются по настоящее время.

Современное состояние разделительной промышленности. В настоящее время в стране работают четыре газоцентрифужных разделительных предприятия: Уральский электрохимический комбинат (УЭХК) с газовыми центрифугами 5, 6 и 7-го поколений, Сибирский химический комбинат (СХК) с газовыми центрифугами 5 и 6-го поколений, Электрохимический завод (ЭХЗ) с газовыми центрифугами 5, 6 и 7-го поколений и Ангарский электрохимический комбинат (АЭХК) с газовыми центрифугами 6-го поколения. В общем объеме установленных на предприятиях газовые центрифуги 5-го поколения составляют 48%, 6-го — 49%, 7-го — 3%. В настоящее время на предприятиях проводится плановая замена отработавших ресурс газовых центрифуг 5-го поколения на центрифуги 7-го поколения. К 2010 г. газовые центрифуги 5-го поколения исчерпают ресурс, и в дальнейшем потребуются заменять выработавшие ресурс газовые центрифуги 6-го поколения.

Суммарная разделительная мощность предприятий распределяется следующим образом, %: УЭХК — 49, СХК — 14, ЭХЗ — 29, АЭХК — 8. В 2000 г. разделительная мощность отрасли должна обеспечить выполнение следующих заказов на обогащенный уран и услуги по обогащению, %: получение обогащенного урана для топлива реакторов отечественного производства — 40,8, переработка отвалов зарубежных заказчиков — 12,9, переработка высоко-, низкообогащенного урана — 28,9, экспортные заказы — 17,4.

Оборудование разделительных заводов. Газовые центрифуги, изготавливаемые в настоящее время на двух заводах оборонной промышленности — АО “Завод им. Дяттерева” и ВПО “Точмаш”, являются основным технологическим оборудованием заводов. Ранее центрифуги выпускал завод ГАЗ. Конструкцию газовых центрифуг разрабатывали ОКБ ЛКЗ (ныне Центротех-ЭХЗ) и ОКБ ГАЗ. Основным разработчиком газовых центрифуг всех шести поколений являлся Центротех-ЭХЗ, при этом принимали участие конструкторы ОКБ ГАЗ и некоторых опытных цехов разделительных предприятий.

В последние годы в связи с резким сокращением финансирования научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ на УЭХК за счет собственных средств предприятия были развернуты в широких масштабах исследовательские и конструкторские работы по созданию центрифуг 7-го поколения. Базой для этих работ стал опытный цех предприятия и его конструкторские подразделения, участвовавшие в создании центрифуг предыдущих поколений. В результате в настоящее время центрифуги 7-го поколения внедрены в промышленное производство. Необходимо отметить, что на Центротех-ЭХЗ были созданы опытные центрифуги 7-го поколения, которые успешно эксплуатируются на УЭХК в течение 8 лет.

Для производства центрифуг используются высокопрочные алюминиевые сплавы, высокоточные штамповки и трубные заготовки, упрочняющие волокна для роторных деталей (армос, стекловолокно), ужесточающие угольные композиции для ротора, искусственные

лейкосапфиры для опорных подшипников, специальное литье из цветных металлов. Осуществляется широкая кооперация предприятий, изготавливающих исходные материалы и комплектующие изделия.

На предприятиях, изготавливающих газовые центрифуги, разработаны и внедрены специальные высокоточные станки для механической обработки роторных деталей, специальные намоточные программируемые станки, печи для полимеризации обмотки роторов, специальные сборочные конвейеры роторов и агрегатов, серия обкаточных и испытательных стендов.

На разделительных газоцентрифужных заводах используются высокоразвитая двухуровневая автоматизированная система управления технологическим процессом с контролем нескольких миллионов параметров как глобальных по всему заводу, так и по каждой центрифуге, процессом в аварийных ситуациях и при полном отключении внешнего электроснабжения. Указанная система разработана специалистами УЭХК и ВНИПИЭта с привлечением других разделительных предприятий. На заводах используются специальные датчики контроля параметров процесса, разработанные приборным заводом УЭХК.

Для электроснабжения двигателей газовых центрифуг применяются специализированные статические преобразователи, вырабатывающие электропитание повышенной частоты с высокой степенью ее стабилизации, не зависящие от колебаний напряжения и частоты во внешней электросети. В корпусах газоцентрифужных заводов, суммарный объем которых превышает несколько миллионов м³, постоянно поддерживается температура 18—20 °С. Современные газоцентрифужные заводы представляют собой полностью автоматизированные предприятия, работающие круглосуточно в течение ресурсного срока, достигающего для последних поколений газовых центрифуг 25—30 лет.

Технологический процесс разделения осуществляется при низком давлении (5—40 мм рт. ст., абсолютных), что обеспечивает отсутствие каких-либо выделений радиоактивных и химически вредных веществ в рабочие помещения, поддержание выбросов в окружающую среду на уровне ниже санитарных норм.

Перспективы развития разделительного производства. Как уже было отмечено, в настоящее время происходит плановая замена отработавших ресурс газовых центрифуг 5-го поколения, составляющих на данный момент около 48% общего числа газовых центрифуг. С учетом времени установления и пуска в эксплуатацию к 2010 г. исчерпают ресурс все газовые центрифуги этого поколения. Без их замены центрифугами новых поколений суммарная разделительная мощность может снизиться на 40% (рис. 1).

Имеющиеся разделительные мощности обеспечивают на данный момент выполнение заказов по трем основным направлениям: снабжение обогащенным ураном отечественных АЭС и АЭС с отечественными реакторами (40% мощности), переработка высоко-, низкообогащенного урана (30%), а также выполнение экспортных заказов, включающих в себя услуги по обогащению, наработку обогащенного урана и переработку богатых отвалов (30%).

Программа развития ядерной энергетики России до 2010 г. предполагает (и в пессимистическом, и в оптимистическом варианте) некоторое увеличение мощностей за счет ввода в строй новых реакторов, что потребует соответствующего роста разделительных мощностей, идущих на нужды ядерной энергетики.

Программа переработки высоко-, низкообогащенного урана определена межправительственным соглашением России и США, и на ближайшие 10 лет потребность в работе разделения для этих целей не будет изменяться.

Анализ экспортных заказов показывает, что в последние годы при некоторых годовых колебаниях существует явная тенденция к снижению заказов на обогащенный уран и услуги по обогащению, что вызвано разными причинами. В то же время заказы на дообогащение отвального урана имеют тенденцию к увеличению. Таким образом, при достаточном предложении общая разделительная мощность на выполнение экспортных заказов может иметь тенденцию к увеличению и до, и после 2010 г. Кроме того, следует отметить, что потребности в природном уране превышают возможный уровень добычи и соответственно недоста-

ток в природном сырье должен быть скомпенсирован переработкой отходов прошлых лет, что увеличивает потребность в работе разделения.

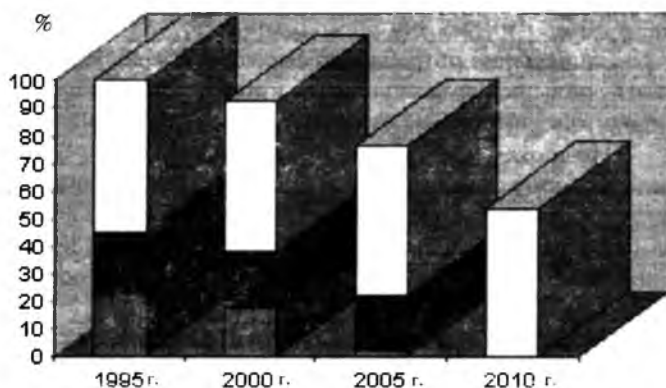
Все эти факторы говорят о необходимости модернизации разделительных производств путем интенсивной замены выработавших ресурс газовых центрифуг 5-го поколения на более производительные и экономически более выгодные 7-го и 8-го поколений. Кроме того, необходимо проводить НИОКР по созданию газовых центрифуг 9-го поколения, которые должны заменить после 2010 г. газовые центрифуги 6-го поколения, так как к этому времени будет выработан ресурсный срок первых установленных машин этого поколения.

При полной замене отработавших ресурс газовых центрифуг 5-го поколения на газовые центрифуги 7-го, а затем, начиная с 2003 г., 8-го поколения к 2010 г. суммарная разделительная мощность может быть увеличена на 34% (рис. 2).

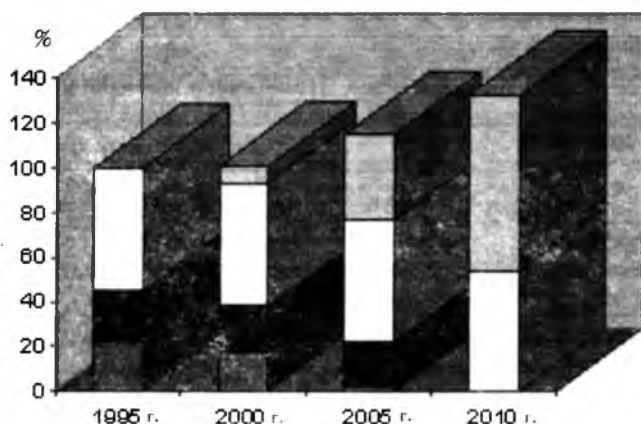
При модернизации разделительных производств, кроме замены отработавших ресурс газовых центрифуг, необходимо также совершенствовать систему электроснабжения, системы контроля и автоматики, вспомогательные системы и установки для повышения безопасности и надежности работы. ВНИПИЭТ совместно со специалистами разделительных предприятий и департамента ядерного топливного цикла Минатома для модернизации разделительного производства отрасли на ближайшие 10 лет подготовил проект отраслевой целевой программы на период до 2010 г.

Программа модернизации разделительного производства на период до 2010 г. Целью и задачами являются:

выполнение Минатомом России задач, определенных Программой развития ядерной энергетики России на период до 2010 г. в части обеспечения АЭС обогащенным ураном, а также удовлетворение 20% потребностей мирового рынка в услугах и обогащенном уране путем внедрения современных, более производительных и экономичных газовых центрифуг 7-го и 8-го поколений вместо выработавших ресурс центрифуг 5-го поколения;



Р и с. 1. Динамика разделительных мощностей без модернизации: — 6-е поколение; ■ — 5Б поколение; ■ — 5-е поколение



Р и с. 2. Динамика разделительных мощностей при проведении модернизации: — 7-е поколение; — 6-е поколение; ■ — 5Б-е поколение; ■ — 5-е поколение

увеличение имеющихся разделительных мощностей для снабжения топливом отечественных АЭС в рамках развития ядерной энергетики страны, доли России на мировом рынке, а также переработки богатых отвалов;

сокращение потребления сырьевой составляющей, улучшение экономических показателей, повышение безопасности и надежности работы разделительных производств, сохранение рабочих мест на основных и смежных производствах.

По срокам и этапам реализации программа предусматривает до 2010 г. по каждому разделительному предприятию поэтапную по мере выработки ресурсного срока основного оборудования модернизацию зданий, оснащенных газовыми центрифугами 5-го поколения, с заменой на газовые центрифуги 7-го поколения, с заменой систем энергоснабжения, технологического контроля, управления и защиты с одновременным совершенствованием вспомогательных систем, установок и оборудования.

Затраты на выполнение программы в ценах I кв. 2000 г. составят 36,7 млрд руб., в том числе 2000 г. — 3 млрд руб., 2001 — 2005 гг. — 17,9 млрд руб., 2006 — 2010 гг. — 15,8 млрд руб. Из общей суммы затрат 35,2 млрд руб. составляют собственные средства предприятий и 1,5 млрд руб. — централизованные средства (отчисления разделительных производств в отраслевые фонды НИОКР и конверсии).

Ожидаемые конечные результаты программы:

устойчивое обеспечение отечественных АЭС обогащенным ураном;

увеличение доли разделительных мощностей России на мировом рынке услуг по обогащению урана;

повышение мощности разделительного производства на 34% по сравнению с 2000 г. (табл. 1)

Т а б л и ц а 1. Динамика развития разделительных мощностей

Год	Предприятие				
	УЭХК	ЭХЗ	СХК	АЭХК	Отрасль
2000	100	100	100	100	100
2001	104,7	103,2	100	118,8	104,6
2002	104,7	104,8	103,2	131,3	106,5
2003	108,4	107,9	106,5	131,3	109,7
2004	111,2	111,1	109,7	131,3	112,4
2005	114,0	114,3	112,9	131,3	115,2
2006	116,8	117,5	116,1	131,3	118,0
2007	119,6	120,6	119,4	156,3	122,6
2008	123,4	125,4	122,6	156,3	126,3
2009	126,2	128,6	129,0	156,3	129,5
2010	129,9	131,7	132,3	156,3	132,7

Для реализации программы предусматривается:

разработка и серийное производство с 2003 г. газовой центрифуги 8-го поколения;

создание надкритической газовой центрифуги с выходом на серийное производство к 2010 г.

Освоение производства новых поколений газовых центрифуг потребует проведения комплекса мероприятий по доведению их ежегодного производства до уровня, необходимого для предусмотренной программой плановой модернизации разделительного производства, подготовке к серийному производству перспективных газовых центрифуг, совершенствованию производств заводов-изготовителей центрифуг и производств конструкционных материалов. Средняя ежегодная потребность в основных материалах и комплектующих такова, т: арамидные во-

локна — 109, углеродные волокна — 57,4, ПАН-нить — 218, стеклонить — 71,6, сплав 1960 — 1339, сталь — 8273, другие цветные металлы — 288, резинотехнические изделия — 347. Финансирование программы и основные технико-экономические показатели ее реализации приведены в табл. 2, 3.

Т а б л и ц а 2. Объемы финансирования программы модернизации разделительного производства, млн руб.

Период	Предприятие					
	УЭХК	ЭХЗ	СХК	АЭХК	НИОКР	Отрасль
2000 г.	1 010	847	690	73	433	3 053
2001 — 2005 гг.	5 578	4 794	3 614	1 568	2 356	17 910
2006 — 2010 гг.	5 698	4 829	3 186	97	1 972	15 776
Всего	12 286	10 470	7 484	1 738	4 761	36 739
В том числе:						
собственные средства	12 286	10 470	7 484	1 738	3 245	35 223
централизованные средства	—	—	—	—	1 516	1 516

Т а б л и ц а 3. Основные технико-экономические показатели реализации программы модернизации разделительного производства

Показатели	2000 г.	2001—2005 гг.	2006—2010 гг.	Всего
Мощность отрасли за период, %	100	543	622	1265
Среднегодовая мощность, %	100	108,5	124,4	114,9
Капитальные вложения, млрд руб.	3	17,9	15,8	36,7
Объем реализации, млрд руб.	12,1	65,5	79,0	156,6
Балансовая прибыль, млрд руб.	8,5	47,5	61	117
Чистая прибыль, млрд руб.	3,4	19	24,4	46,8
Себестоимость е.р.р., %	100	91,7	80,6	86,1

Следует отметить, что удельные затраты в разделительную промышленность по намеченной программе в 2,8 — 4,6 раза меньше, чем в строившийся в 1978—1981 гг. газоцентрифужный завод в Портсмуте (США).