

Подготовка специалистов по ядерному топливному циклу для развивающихся стран

Усовершенствование программ обучения с учетом прошлого опыта

Дж.Л.Жу, А. Нечаев и М. Таушид

Требования к подготовке специалистов в различных областях ядерного топливного цикла зависят от размеров национальных программ ядерной энергетики и степени участия в них правительств. Ядерный топливный цикл представляет собой самостоятельную отрасль промышленности, требующую больших капитальных вложений и длительных сроков строительства. Поэтому помощь МАГАТЭ в этой области ограничивается, главным образом, предоставлением и пополнением необходимых знаний и технологии, включая создание базовых инфраструктур для проведения нужных исследований.

Виды обучения

Подготовка специалистов в области ядерного топливного цикла через программу помощи Агентства имеет целью предоставить ученым и инженерам знания современной технологии в соответствии с осуществляемыми или планируемыми программами страны, чтобы подготовить их к роли активных и компетентных партнеров иностранных подрядчиков и поставщиков ядерных энергетических установок. Для получения навыков управления ведущим специалистам предоставляется возможность ознакомиться с рядом центров и установок, с тем, чтобы они получили общее представление о различных подходах, используемых разными организациями или странами для аналогичных целей, а также оценили масштаб и необходимую инфраструктуру каждой операции.

Такая подготовка обеспечивается проведением учебных курсов (межрегиональных, региональных, национальных), учебных поездок, предоставлением индивидуальных стипендий за границей и организацией визитов отдельных специалистов или научных групп. Эффективным методом подготовки является предоставление услуг экспертов на короткий или длительный срок для подготовки специалистов на месте в рамках программы технического сотрудничества Агентства или через долгосрочные проекты, финансируемые Программой развития ООН (ПР ООН).

Г-н Жу — директор Отдела ядерного топливного цикла МАГАТЭ.

Г-да Нечаев и Таушид — сотрудники того же отдела.

Ядерный топливный цикл

Термин „ядерный топливный цикл” используется для описания совокупности операций, необходимых для обеспечения ядерного реактора свежим топливом и обращения с отработавшим топливом. При открытой или одноразовой стратегии топливного цикла топливо проходит через реактор только один раз; при отсутствии переработки отработавшего топлива полученный уран-235 и плутоний-239 повторно не используются. В таких случаях отработавшее топливо хранится и в конце концов удаляется. В закрытом цикле неиспользованный расщепляющийся материал извлекается на заводе по переработке для повторного использования в качестве топлива для тепловых или быстрых реакторов (см. прилагаемый рисунок).

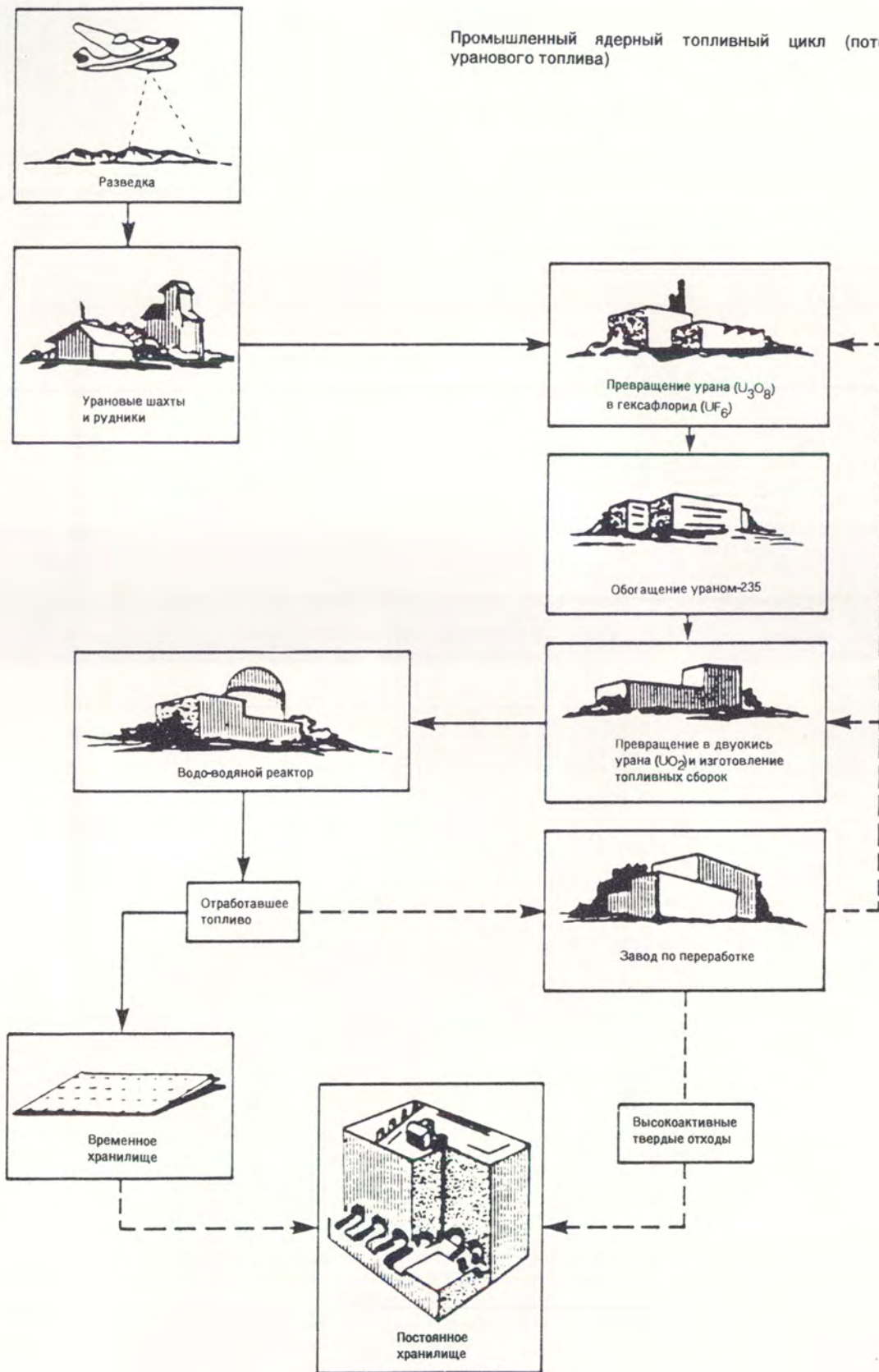
Подготовка специалистов может проводиться на одном или нескольких участках топливного цикла, разделенного на операции, относящиеся к начальной или конечной стадии технологического процесса.

Операции, относящиеся к начальной стадии топливного цикла, включают разведку урана для обеспечения достаточных запасов урановой руды, добычу и первичную обработку урановой руды, изготовление уранового концентрата („желтый кек”), производство шестифтористого урана, изотопное обогащение шестифтористого урана для обеспечения потребностей реактора, и изготовление ядерного реакторного топлива. Последний процесс включает превращение шестифтористого урана в окись урана, изготовление таблеток из окиси урана, помещение таблеток в топливные стержни и сборку топливных элементов.

Операции на конечной стадии топливного цикла включают временное или долгосрочное хранение отработавшего топлива, переработку отработавшего топлива с извлечением плутония и урана для повторного использования, изготовление топлива из смешанных окислов, обращение с радиоактивными отходами, включая обработку, доведение до нужной концентрации, хранение и удаление, и транспортные операции, связанные с перемещением радиоактивных материалов между звеньями цикла.

Первые три, иногда пять операций на начальной стадии топливного цикла входят в ведение урановой промышленности. Остальные операции относятся обычно к ядерной энергетике (компании электроснабжения) страны.

Промышленный ядерный топливный цикл (поток уранового топлива)



Подготовка специалистов в области технологии топливного цикла

С 1969 г. Агентство организовало 14 межрегиональных и региональных учебных курсов и одну учебную поездку в различных областях ядерного топливного цикла (см. прилагаемую таблицу). Почти без исключения число заявок на эти курсы превышало имеющиеся возможности, особенно в области разведки урана. Программы курсов первоначально были посвящены начальной стадии топливного цикла, в особенности разведке урана, оценке месторождений и переработке руды. По мере того, как развивающиеся страны переходили на последующие стадии топливного цикла, соответственно менялись и программы курсов. Однако ряду звеньев топливного цикла не уделялось достаточно внимания.

В течение последних пяти лет применяется новый подход. В качестве компонента осуществляемых проектов Агентства по научно-техническому сотрудничеству были организованы национальные учебные курсы. До сих пор было проведено пять курсов по разведке и оценке залежей урана (Индонезия – 1984 г., Сирия – 1985 г., Турция – 1986 г., Китай – 1987 г. и Иордания – 1988 г.). В зависимости от изучаемого предмета число приглашенных лекторов или демонстраторов составляло от одного до шести для курсов продолжительностью от

2 до 4 недель. Такой подход эффективен, поскольку больше слушателей можно охватить одновременно, в особенности когда предоставление зарубежных стипендий становится затруднительным.

Программа Агентства по предоставлению стипендий и организации научных визитов составляла значительную часть деятельности по подготовке специалистов. Число кандидатов на обучение за границей в этой области ежегодно составляет от 50 до 80 человек; более двух третей заявок связаны с разведкой и добычей урана и переработкой урановой руды. Одной из главных трудностей при попытках удовлетворить эти заявки является ограниченное число желающих принять у себя постоянно возрастающее число стипендиатов. Эта проблема в урановой области становится критической по мере происходящего в последние годы резкого сокращения работ по разведке и разработке месторождений урана в традиционно активных странах. Поэтому возрастает необходимость более тщательного отбора кандидатов на получение стипендий со стороны стран-заявителей.

Будущие программы

Одним из лучших методов оценки потребностей развивающихся стран – членов Агентства в подготовке специалистов является анализ числа стипен-

Учебные курсы по ядерному топливному циклу

Год	Регион	Принимающая страна	Тема
По всему ядерному топливному циклу			
1980	Межрегиональные	Франция	Управление ядерным топливным циклом (на фр. яз.)
1981	Межрегиональные	Франция	Управление ядерным топливным циклом (на фр. яз.)
По начальной стадии топливного цикла			
1969	Латинская Америка	Аргентина	Разведка и оценка месторождений урана (на исп. яз.)
1970	Межрегиональные	Испания	Анализ урановых руд (на англ. яз.)
1974	Азия	Индия	Разведка и оценка месторождений урана (на англ. яз.)
1975	Межрегиональные	Австрия	Геохимические методы разведки урана (на англ. яз.)
1977	Межрегиональные	Югославия	Геохимические методы разведки урана (на англ. яз.)
1978	Межрегиональные	США	Разведка и оценка месторождений урана (на англ. яз.)
1981	Латинская Америка	Боливия	Методы разведки урана (на исп. яз.)
1981	Межрегиональные	Югославия	Переработка урановых руд (на англ. яз.)
1982	Межрегиональные	Мадагаскар	Методы разведки урана (на фр. яз.)
1982	Межрегиональные	Испания	Анализ урановых руд (на исп. яз.)
1983	Межрегиональные	Югославия	Оценка урановых месторождений (на англ. яз.)
1983	Межрегиональные	Испания	Переработка урановых руд (на исп. яз.)
1984	Межрегиональные	Франция	Переработка урана – от добычи до изготовления топлива (на фр. яз.)
1985	Межрегиональные	Бразилия	Разведочное бурение и оценка мощности месторождений (на англ. яз.)
По конечной стадии топливного цикла			
1986	Межрегиональные	Великобритания, Швеция, Чехословакия, Федеративная Республика Германии, Франция	Учебная поездка по обращению с отработавшим топливом (на англ. яз.)

дий и заявок на зарубежные визиты специалистов, а также запросов на осуществление проектов технического сотрудничества (см. прилагаемые графики). Большинство этих заявок и запросов относится к разведке, геологии и переработке урановой руды, что указывает на сохранение активности большого числа государств-членов в этой области. Относительно большое число проектов активного технического сотрудничества в тех же областях подтверждает эту оценку. Поэтому оправданы предпринимаемые усилия по организации курсов по этим темам. Избыток заявок на участие в учебных курсах в прошлом также указывает на большую заинтересованность в них.

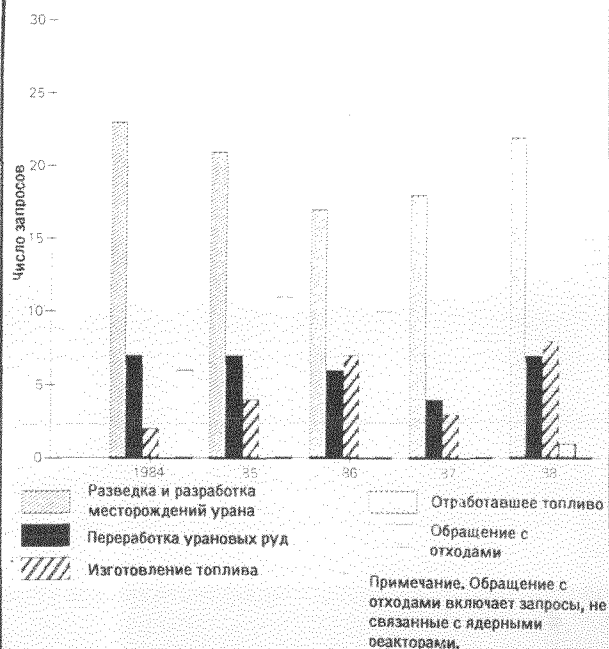
Анализ программы курсов в прошлом указывает в большинстве случаев на широту тематического охвата (см. прилагаемые таблицы). Почти во всех программах основной упор делался скорее на технологию, чем на планирование и управление. Обращает на себя внимание отсутствие курсов по некоторым звеньям ядерного топливного цикла, таким как добыча урана и изготовление топлива. Эти наблюдения помогают сделать вывод о том, что будущие курсы должны перенести центр тяжести на более специализированные области обучения. Все операции в ядерном топливном цикле имеют собственные технические и экономические обоснования, заранее обусловлены четкими параметрами и обычно связаны с серьезными финансовыми обязательствами. Поэтому курсы или семинары по этой тематике для национальных плановиков и ответственных за принятие решений заслуживают высокого приоритета. В равной степени важны курсы по тем звеньям топливного цикла, которые прежде игнорировались, особенно по изготовлению топлива. Агентство поддержало 10 проектов технического сотрудничества в этой области.

До сих пор недостаточно внимания уделялось также подготовке специалистов в области обращения с отработавшим топливом (главным образом, по хранению облученных топливных стержней) энергетических и исследовательских реакторов. Семинар по этой теме планируется на 1990 г. Необходима и активизация обучения в этой области.

За последние несколько лет в Агентство поступали запросы и заявки на предоставление помощи по оценке, переработке, экологическому воздействию и экономике в связи с образованием содержащих олово „хвостов” и содержанием в них минералов с различными концентрациями тория, урана и редкоземельных элементов. По этим вопросам распространяется много неправильной информации. Поскольку эта проблема интересует в первую очередь страны, производящие олово, в Юго-Восточной и Восточной Азии, целесообразно организовать региональный семинар по этой тематике. Ряд стран в Северной Африке и на Среднем Востоке заинтересован также в извлечении урана из фосфорной кислоты. Соответственно полезным для этого региона была бы организация региональных семинаров на эту тему.

В МАГАТЭ разработано или идентифицировано программное обеспечение для использования в базах данных по геологии и минеральным ресурсам, для обработки данных геохимических обзоров и оценки запасов руды. В связи с этим планируются курсы по использованию программного обеспечения.

Новые заявки на осуществление проектов технического сотрудничества, переданные на заключение в Отдел ядерного топливного цикла МАГАТЭ 1984–88 гг.



Заявки на предоставление стипендий и организацию научных визитов, полученные Отделом ядерного топливного цикла МАГАТЭ, 1984–87 гг.

