

углекислым газом. Общий вывод из этих докладов сводится к тому, что эксплуатация твэлов в оболочках из магниевых сплавов в реакторах с охлаждением углекислым газом может быть обеспечена при температурах оболочек до 500—550° С.

По применению тугоплавких металлов Mo, W, Nb и Ta специальных докладов на конференции не было. Сообщается только, что к 1963 г. в США было освоено

промышленное изготовление тонкостенных труб для оболочек твэлов и других профилей из ванадия, ниобия и трех сплавов на его основе: тантала, молибдена и вольфрама (255). Такие изделия применены в аппаратах для освоения космоса. Подробно описывается ванадий и его сплавы, признанные перспективными для больших энергетических реакторов на быстрых нейтронах.

## Запасы ядерного сырья, поиски, добыча и переработка урановой руды

А. А. Задикян

Запасам урана и тория, потребностям в сырье, разведке и переработке руд были посвящены два секционных заседания конференции, на которых было заслушано 18 докладов.\*

Почти все докладчики отметили, что назрела необходимость как можно быстрее расширить фронт поисков новых месторождений ядерного сырья. Известные до настоящего времени запасы смогут удовлетворять потребности всех стран мира только до 1980 г. До 2000 г. потребуется по меньшей мере 3 млн. т урана для удовлетворения потребностей АЭС с реакторами-конверторами. Однако если к тому времени для производства электроэнергии будут использоваться тяжеловодные или реакторы-размножители, то эта цифра может оказаться значительно меньшей.

За последние годы значительно увеличились запасы в таких странах, как Испания, Аргентина, Индия, Португалия, Югославия. Запасы Аргентины составляют в настоящее время 7 тыс. т и имеются хорошие перспективы доведения их до 13 тыс. т. Индия скоро сможет увеличить свои запасы до 30 тыс. т урана. Общие урановые запасы капиталистических стран оцениваются в настоящее время в 0,5 млн. т. Стоимость извлечения 1 фунта урана составляет ~ 8 долл. Такая цена будет удерживаться до 1970 г., а затем может подняться до 10—30 долл./фунт, если только дальнейшие поисково-разведочные работы не приведут к открытию новых крупных месторождений.

Франция является (72)\*\* по-видимому, единственной страной, проводящей интенсивные поиски урановых месторождений. Причина этого в том, что Франция намерена усилить развивать ядерную энергетику. Три четверти урана, необходимого для осуществления французской атомной программы, поступает из рудников метрополий, а одна четверть урана закупается на Мадагаскаре и в Габоне. Монанские залежи Габона обеспечивают получение 120 т концентрата в месяц (883).

Запасы месторождений Испании (494) составляют ~ 10 тыс. т  $U_3O_8$ . В Испании эксплуатируется один завод по переработке руды производительностью 200 т/сутки, а другой завод производительностью 1000 т/сутки находится в стадии проектирования.

В индийском докладе дается обзор урановых и ториевых запасов в стране (752). Отмечается, что в районе

Бихар обнаружены значительные залежи урана. Что касается залежей моначита, то Индия является страной, возможно, наиболее богатой этим сырьем.

Указывается, что в будущем потребности США в уране будут определяться не военными нуждами, а масштабами развития ядерной энергетики (256). Уже сейчас очевидно, что вскоре начнутся усиленные поиски новых месторождений урана, хотя в настоящее время общая мощность урановой добывающей и перерабатывающей промышленности превышает необходимый уровень. Выражается уверенность, что в результате поисковых работ будут открыты новые урановые залежи, причем стоимость получаемого из них урана будет не выше стоимости урана из залежей, разрабатываемых в настоящее время.

В канадском докладе сообщается (24), что современные запасы страны составляют 37% от общего количества запасов тех стран, которые опубликовали свои статистические данные по урановому сырью. До 1958 г. Канада являлась ведущей страной по производству урана. После 1958 г. уровень производства быстро падал в силу сокращения рынков сбыта. К концу 1963 г. эксплуатировались только семь рудников. Ожидается, что к концу 1965 г. будут работать два рудника. В докладе указывается, что если бы был хороший рынок сбыта для тория по ценам, сравнимым с ценой урана, то средняя стоимость извлечения  $U_3O_8$  из эксплуатирующихся в настоящее время месторождений заметно снизилась бы, а значительная часть потенциальных резервов  $U_3O_8$  перешла бы в разряд залежей, экономически более выгодных для разработки.

Поиску и добыче урана в Аргентине посвящен отдельный доклад, в котором приводятся также детальные данные о месторождениях урана в различных странах (405).

Бразилия представила доклад с изложением той работы, которая была проделана в стране с 1962 г. по инвентаризации ресурсов ядерного горючего (483). Отмечается, что в Бразилии надеются в течение 2—3 лет открыть залежи, удовлетворяющие потребности страны на ближайшие годы; эти залежи послужат базой перспективного развития.

В докладе, представленном Нидерландами, отмечается необходимость обнаружения дешевых урановых источников, а также указывается, что в будущем большую роль в ядерной энергетике будут играть быстрые реакторы-размножители, что широкое использование современных реакторов нежелательно и что в переходный период, в течение которого будет завершена окончательная разработка быстрых реакторов-размножителей, следует использовать реакторы с коэф-

\* Перечень докладов советских ученых опубликован в «Атомной энергии», 17, вып. 3, 235 (1964), а список докладов зарубежных ученых в «Атомной технике за рубежом», № 9, 27 (1964).

\*\* В круглых скобках указаны номера докладов.



фициентом воспроизводства, близким к достигнутому на реакторах-размножителях.

Подводя итоги дискуссии, можно сказать, что такие страны, как США, Канада, ЮАР и Франция, рассчитывают в ближайшие 20 лет удвоить свои запасы. При этом на баланс будут братья только те запасы, которые смогут обеспечить получение урана по стоимости 8—10 долл./фунт.

Мировые запасы тория достаточно большие, особенно в Индии, США, Бразилии, Канаде и на Мадагаскаре; однако было бы преждевременно предсказывать возможность использования их в современных АЭС или электростанциях будущего.

Значительная часть докладов была посвящена вопросам переработки руд. В первые годы после Второй Женевской конференции (1958 г.) было мало сделано в области разработки новых методов переработки урановых руд. Однако за последующие годы более прогрессивным методам извлечения урана из руд были посвящены многие работы. Но основной проблемой в будущем останется вопрос о дешевом и наиболее эффективном методе извлечения урана из низкосортных руд.

В Австралии разработан новый метод обогащения ториевых руд (521); этот метод дает возможность извлечь из австралийских монацитов торий, необходимый для обеспечения энергетических реакторов, разрабатываемых в настоящее время в стране.

Япония с 1957 г. добилась определенных успехов в разведке новых урановых месторождений и в переработке руд. Разработаны новые процессы, пригодные для обработки низкосортных руд с большим содержанием глины, в некоторых рудах до 70% (884). Проводится опытная гидродобыча (водой под высоким давлением), основанная на свойствах этих руд.

Ученые Югославии рассмотрели процессы обработки урановых руд и их восстановления (урана VI до урана IV) при помощи каталитического агента ( $UO_2$ ), являющегося одновременно продуктом самой реакции (414). Дается описание опытно-промышленной установки для непрерывного осаждения урана из углекислых растворов. С технической и экономической точки зрения этот метод может быть использован в промышленном масштабе.

Изложены последние достижения ФРГ в области разведки и обогащения урановых руд (478). ФРГ не

располагает большими запасами урана. В 1960 г. пущен в эксплуатацию опытный завод для совершенствования различных процессов переработки урановых руд. Представляют интерес метод получения урана ядерной чистоты непосредственно из руды, разработка пирохимического метода извлечения урана из руды, хлорирование газообразным хлором при температуре 1100° С.

В докладе, представленном Португалией, описаны научно-исследовательские работы по переработке урановых руд на полуперемещаемых установках для небольших по запасам месторождений (с 10 до 5 т урана). Эти установки дают возможность экономии средств на строительство постоянной установки или транспортировки руды (503).

В докладе СССР приводятся новые экспериментальные данные по выщелачиванию урана из руд (353). Процесс заключается в гетерогенном окислении  $UO_2$  с последующим выщелачиванием урана в кислых растворах.

Должны быть исследованы по некоторым вопросам переработки венгерских руд (450).

В докладе ЮАР (464) описывается опытная установка по производству тетрафторида урана термическим разложением тетрафторида урана и аммония, производительность установки 100 т в год. Отмечается, что на основе этой установки периодического действия может быть создана заводская установка непрерывного действия.

Доклады, сделанные учеными различных стран на секциях «Запасы урана и тория» и «Разведка и переработка руд», показали, что страны, имеющие развитую атомную промышленность, не представили новых материалов по более прогрессивным направлениям переработки урановых и ториевых руд и что наблюдается значительное сокращение мощностей по добыче урановых руд и производству концентратов, в частности, в США и Канаде. Наряду с этим в странах, развивающих свою атомную промышленность, таких, как Франция, ФРГ, Италия и некоторых других, усиливаются поиски новых месторождений урана и тория и строятся промышленные установки по переработке руд, пытаясь удовлетворить потребность ядерной энергетики в уране и тории из отечественного сырья.



РЕПОЗИТОРИЙ