

## XIII Международный конгресс по обогащению полезных ископаемых

(Начало на с. 54)

Доклады гидрометаллургической сессии еще раз подтвердили наметившуюся тенденцию применения комбинированных флотационно-гидрометаллургических схем переработки грубых концентратов, полученных из труднообогатимых руд, взамен традиционных способов (или в сочетании с ними) пирометаллургической переработки богатых концентратов обогащения, при этом в некоторых случаях сквозное извлечение полезного компонента повышается на 10—15%.

Интересны разработанные фирмой «Шеррит Гордон» (Канада) технология автоклавного выщелачивания комплексных свинцово-цинковых концентратов, процесс «Шеррит Комикко» для переработки медных сульфидных концентратов, который включает предварительный обжиг в окислительно-восстановительной атмосфере (отходящие газы направляются на получение серы), трехстадийное кислотное выщелачивание огарка с последующим электролизом меди из растворов. По утверждению фирмы, процесс более экономичен, чем плавка и электрорафинирование, и обеспечивает более высокое попутное извлечение цинка, молибдена, никеля, кобальта. В штате Юта (США) предполагается извлекать до 64 т U/год методом сорбции и экстракции из сернокислых растворов после выщелачивания медных концентратов. Поскольку мощным резервом получения урана являются фосфатные руды (до 16500 т урана содержится в ежегодно добываемых во всем мире фосфатах), рассматривались способы извлечения урана

из экстракционной фосфорной кислоты с помощью новых эффективных экстрагентов. В штате Невада (США) применяется кучное выщелачивание золота слабыми цианистыми растворами из руд, содержащих менее 1 г/т золота; растворенное золото сорбируется активированным углем, десорбируется щелочью и извлекается электролизом. В области автоматизации и оптимизации процессов обогащения явно наметилась тенденция перехода к прямому контролю параметров с выводом информации на миникомпьютер.

Работа сессии по вопросам экологии и размещению хвостохранилищ подтвердила, что принятые в СССР основные направления по охране окружающей среды — создание схем обогащения с полным водооборотом, возведение высоких хвостохранилищ наливного типа повышенной эксилуатационной надежности с дамбой до 70—100 м, закладка подземных хвостохранилищ и рекультивация открытых горных выработок — являются наиболее правильными, обеспечивающими кардинальное и экономичное решение этой проблемы на горнообогатительных предприятиях.

Материалы конгресса в целом весьма интересны для специалистов атомной промышленности, поскольку они содержат ценную информацию о новейших достижениях техники и технологии обогащения за рубежом. На русском языке с ними можно ознакомиться в институте Цветметинформация.

Следующий конгресс состоится в сентябре 1982 г. в г. Торонто (Канада).

ГАВРИЛОВА И. Д., БОЛДЫРЕВ В. А.

## Советско-американское совещание «Инженерные и технико-экономические проблемы экспериментальных энергетических реакторов»

В совещании, состоявшемся 10—14 сентября 1979 г. в Москве, приняли участие 23 специалиста. Американские исследователи представляли фирмы «Вестингауз электрик», «Макдоннел Дуглас», «Дженерал электрик» и Висконсинский университет. Было заслушано и обсуждено 9 советских и 7 американских докладов.

В докладе В. В. Котова рассмотрен подход к разработке гибридного реактора-токамака и описаны основные системы и элементы конструкции установки. В качестве сверхпроводника в катушках тороидального поля используется  $Nb_3Sn$  в качестве стабилизатора — чистый алюминий. Некоторые проблемы разработки конструктивных решений blankets в гибридных термоядерных реакторах представлены в докладе Б. Д. Горностаева.

Большой интерес вызвала концепция коллекторных устройств дивертера на основе движущихся завес из капель жидкого лития или твердых металлических частиц (доклад Е. В. Муравьева). Подобные устройства могут быть применены в качестве подвижных лимитеров (диафрагм), непосредственно контактирующих с плазменным шнуром и заменяющих магнитный дивертер. Как было отмечено Т. Вардженом («Вестингауз электрик»), использование твердых геттеров для коллекторных устройств дивертера представляется наиболее перспективным для токамаков следующего поколения.

В докладе О. Л. Щипакина была рассмотрена радиационная обстановка в реакторном зале остановленного опытно-энергетического реактора-токамака тепловой мощностью 500 МВт (нейтронная нагрузка на первую стенку 1—13 МВт/м<sup>2</sup>).

Проблема надежности была одной из основных в докладе Н. Н. Семашко, посвященном физико-техническим и технико-экономическим вопросам создания мощных инжекторов.

Были обсуждены результаты проектной разработки реактора на основе амбиоплярной ловушки (доклад Н. Н. Васильева). Отличительная особенность проекта — использование водоохлаждаемого blankets. При обсуждении доклада И. Н. Святославский (Висконсинский университет) сообщил, что в настоящее время в университете разрабатывается проект чистого реактора на основе амбиоплярной ловушки и начата разработка гибридного варианта.

На совещании были также рассмотрены вакуумно-третийевый стенд для моделирования технологических процессов и испытания устройства газовой системы третиевого цикла термоядерных установок (доклад В. К. Капышева); различные композиции жидкосолевых blankets, предназначенных для производства  $^{233}U$ , причем в качестве разнородителя нейтронов предлагались бериллий,  $^{233}U$  и свинец (доклад В. М. Новикова). Была показана возможность выделения трития и гелия из облученных неорганических соединений лития при термическом отжиге (доклад В. Г. Васильева). Тритий выделяется в основном в форме окиси. Из окиси лития тритий извлекается при 300—450°C, из алюмината и силикатов лития — при 200—800°C.

О целях создания энергетического испытательного реактора ETF и организации работ по проектированию такой установки рассказал В. Бекрафт («Дженерал элект-



рик). Работы по проектированию будут проводиться на базе Ок-Риджской национальной лаборатории. В них также участвуют лаборатория физики плазмы Принстонского университета, Массачусетский технологический институт, фирма «Дженерал атомик». Руководителем работ назначен Д. Стейнер (Ок-Риджская национальная лаборатория). Основные требования к ETF следующие: в установке должно быть осуществлено зажигание; длина рабочего импульса не менее 10 с; коэффициент использования 20—50%; нейтронный флюенс 6 (МВт·год)/м<sup>2</sup>; катушки тороидального магнитного поля должны быть сверхпроводящими. Проектирование ETF уже начато и в течение 1980—1984 гг. на эти работы будет израсходовано около 40 млн. долл. Предполагается, что первые эксперименты на ETF будут проведены в начале 1990 г.

Доклад Т. Варджена «Проектирование бандл-дивертера» явился своеобразным обзором разработок фирмы «Вестингауз электрик» по дивертерным системам. Эти работы начались в 1974 г. с проекта гибридного реактора-токамака для сжигания актинидов. В этом проекте и в следующем (TNS-4) разрабатывалась конструкция полоидального дивертера с коллекторными устройствами в виде пластин, смоченных жидким литием. Позднее фирма перешла к разработке бандл-дивертера, обладающего рядом инженерных преимуществ. Его использование делает возможным переход от конструкций экспериментальных установок к будущим промышленным реакторам. Фирмой выполнены обширные расчеты с целью выбора и оптимизации параметров магнитной системы бандл-дивертера с двумя основными и несколькими вспомогательными обмотками. Окончательный выбор коллекторных устройств еще не сделан; основное внимание уделяется системе водоохлаждаемых медных трубок, на которые с внешней стороны нанесен слой твердого геттера из цирконий-алюминиевого сплава. Альтернативными вариантами являются коллекторы с пленками или завесой из капель жидкого лития; а также твердые геттеры, охлаждаемые жидким металлом. В настоящее время фирма приступила к разработке проекта промышленного гибридного реактора-токамака с бандл-дивертером.

Во втором докладе Т. Варджена «Инженерные разработки сверхпроводящего магнита» были затронуты работы

по программе LCP (программа больших катушек), в которых участвует фирма «Вестингауз электрик», и проекты тороидальных магнитных систем для HFCTR (компактный термоядерный реактор с сильным полем) и СТНР (коммерческий гибридный реактор-токамак), а также рассмотрены вопросы, связанные с параметрическим анализом различных концепций конструкционного исполнения тороидальных катушек. По программе LCP фирма «Вестингауз электрик» разрабатывает тороидальную катушку на основе Nb<sub>3</sub>Sn с прокачкой жидкого гелия. В настоящее время фирмой разработан и проходит испытания (в виде коротких образцов) сверхпроводящий кабель на основе Nb<sub>3</sub>Sn. Особенность конструкции катушки заключается в использовании жесткой стальной плиты, имеющей отверстие для тороидальной камеры, витков полоидального поля и т. п., и желобков с D-образным контуром, в которые плотно укладывается токонесущая нитка. Предполагается, что подобная конструкция катушки будет использована в реакторе СТНР. В результате анализа технико-экономических аспектов выбора схемы катушки оказалось, что для установок масштаба TNS экономически оправдано использование медных водоохлаждаемых катушек. Для демонстрационного и, тем более, коммерческого реактора наиболее выгодно использовать сверхпроводящие катушки на основе сплава ниобий — олово.

В докладах Д. Куммера «Системный анализ и экономические оценки эффективности термоядерных реакторов» («Макдоннел Дуглас») и И. Н. Святославского «Методология экономических оценок» (Висконсинский университет) сообщалось о ведущихся в США работах по стоимостным оценкам термоядерных реакторов-токамаков. В настоящее время в США разработаны 4 группы программ для таких оценок; COAST («Вестингауз электрик»), SCOPE («Дженерал атомик»), TOSOMO («Макдоннел Дуглас») и Parametric System studies (Аргоннская национальная лаборатория). Оценки стоимости проекта ETF Ок-Риджской национальной лаборатории делаются с помощью программы COAST. К настоящему времени в США централизованно проведена работа по установлению единых расценок на материалы и оборудование.

МАКСИМЕНКО Б. П.

## Ядерная энергетика и производство ядерного топлива в Японии

В июне 1979 г. в Токио состоялся советско-японский семинар по топливу для легководных реакторов АЭС, организованный Государственным Комитетом по использованию атомной энергии СССР и японским Атомным промышленным форумом. На семинаре были заслушаны доклады советских и японских специалистов о состоянии разработок, эксплуатационных характеристиках и тенденциях усовершенствования конструкций и производства твэлов и топливных сборок с целью повышения надежности, безопасности и экономичности реакторов АЭС в целом.

Япония достигла существенных успехов в развитии ядерной энергетика. Суммарная установленная мощность 21 блока 11 действующих АЭС, принадлежащих 7 японским электрическим компаниям, в настоящее время составляет приблизительно 15 000 МВт(эл.). К концу 1985 г. планируется эксплуатировать 33 блока 14 АЭС 8 электрических компаний суммарной установленной мощностью до 26 000 МВт(эл.). Намечено строить в основном крупные реакторные блоки, работающие в базовом режиме, электрической мощностью близкой к 1000 МВт. Проблемы маневрирования мощностью пока не затрагиваются. Основной задачей, стоящей перед японскими специалистами, является не только усовершенствование,

но и стандартизация узлов строящихся реакторов, уточненные характеристики которых представлены ниже.

	BWR	PWR
Тепловая мощность, МВт . . . . .	3293	3423
Электрическая мощность, МВт . . . . .	1100	1160
Эквивалентный диаметр активной зоны, м . . . . .	4,75	3,37
Эффективная высота активной зоны, м . . . . .	3,71	3,66
Максимальная линейная мощность твэла, Вт/см . . . . .	440	415
Неравномерность энерговыделения . . . . .	1,19	1,6
Максимальная температура топлива (UO <sub>2</sub> ), °C . . . . .	1830	1850
Число топливных сборок в активной зоне . . . . .	764	193
Конструкция сборки и число твэлов в ней . . . . .	Квадратная чехловая, 63	Квадратная без чехла, 264
Число дистанционирующих решеток . . . . .	7	9