

450 Мет посвящен доклад Камаля (Пакистан). Изложены результаты исследования различных схем опреснительных установок, работающих в комплексе с тяжеловодным реактором. Делается вывод, что установка обеспечит производство пресной воды и электроэнергии по доступным ценам.

Доклад советской делегации «Двухцелевая опреснительная установка для юга Украины» содержит

описание проекта установки, обеспечивающей выработку пресной воды в количестве 350 тыс. м<sup>3</sup>/сутки. Показано, что для юга Украины подобная двухцелевая установка является экономически выгодной.

В целом доклады симпозиума свидетельствуют о дальнейших успехах в решении весьма важной проблемы водообеспечения.

Г. В. КРУГЛИКОВ, Н. К. ТОКМАНЦЕВ

## Симпозиум по извлечению урана из урановых руд и других источников

В августе 1970 г. в Сан-Пауло (Бразилия) проходил симпозиум по извлечению урана из урановых руд и других источников, организованный МАГАТЭ. В симпозиуме приняли участие 61 представитель от 22 государств и 3 международных организаций, было представлено 37 докладов.

В докладе США (№ 22) приведено описание нового завода, сооружаемого фирмой «Юта констракшн энд майнинг компани» в бассейне Ширли. Хотя для него принята фактически стандартная технологическая схема (двуствадийное противоточное кислотное выщелачивание с последующей сорбцией урана из осветленных растворов), он имеет особенности, которые позволяют снизить капитальные и эксплуатационные расходы и получать химический концентрат высокой чистоты. Такими особенностями являются: применение мельницы типа «Каскад», заменяющей дробилки и обычные стержневые и шаровые мельницы, причем руда загружается из самосвалов непосредственно в мельницу без использования сложной системы транспортеров и промежуточных бункеров; использование на стадии сорбции макропористой слабоосновной смолы; применение фильтров с активированным углем для осветления растворов перед сорбцией; осаждение урана перекисью водорода; высокая оснащенность контрольно-измерительными приборами и др.

В другом докладе США (№ 24) дано описание полупромышленной колонны, разработанной Горным бюро, для непрерывной сорбции урана из растворов и разбавленных пульп.

От Великобритании представлен обзорный доклад (№ 21) об исследованиях с целью снижения стоимости переработки урановых руд. Показано, что одной из наиболее дорогих операций является выщелачивание. Снижение затрат может быть достигнуто применением процессов предварительного обогащения, позволяющих уменьшить количество материала для выщелачивания, и усовершенствованием самой операции выщелачивания. Сообщается о разработке новых оптических детекторов для фотометрической сортировки, способных пропускать до 100 кусков руды в 1 сек на 1 канал. Эти детекторы приспособлены к сортировочной машине Гансон — Сортекс, которая сейчас проходит испытания. Предполагают, что такая машина с числом каналов от 10 до 20 может иметь производительность 10—20 т/ч на материале крупностью 25 ± 9 мм. В области химической переработки руд исследуются бактериальное выщелачивание, выщелачивание методом замеса, хлорирование.

Два французских доклада (№ 4 и 5) посвящены подземному выщелачиванию и лабораторным исследованиям усовершенствованных методов реэкстракции и разделения урана и молибдена с использованием карбоната аммония, а также новым перспективам в пере-

работке урановых руд и получении концентратов для непосредственного использования. Развитие работ по подземному выщелачиванию во Франции происходит в значительной степени теми же путями, как оно происходило ранее в СССР. Описано выщелачивание предварительно разрушенных скальных руд, однако ведутся исследования и подземного выщелачивания пластовых месторождений за счет растворов через скважины с поверхности.

В шести докладах от ЮАР (№ 28—33) проведены результаты исследований по усовершенствованию технологии переработки золото-урановых руд и описывается практика работы урановых заводов. По этим докладам можно проследить эволюцию технологии, в которой одним из основных изменений является переход от сорбции урана из растворов к экстракции. В настоящее время в ЮАР наибольшее распространение получила схема, предусматривающая экстракцию урана из растворов после кислотного выщелачивания аламином 336. По этой схеме работают пять заводов и проектируется шестой. Один из докладов посвящен исследованию кинетики кислотного выщелачивания синтетической двуокиси урана.

В канадском докладе (№ 3) рассмотрены процессы бактериального выщелачивания бедных урановых руд. Следует отметить, что вопросы бактериального выщелачивания затрагивались в докладах Великобритании, СССР, ЮАР, Югославии.

Швеция представила доклад (№ 13) по экономике извлечения урана из шведских битуминозных сланцев. Рассмотрены возможные пути снижения стоимости урана, получаемого из сланца, до уровня мировых цен на уран.

В японском докладе (№ 14) описана схема опытного завода по переработке урановых руд. Схема предусматривает получение тетрафторида урана непосредственно на рудоперерабатывающем предприятии. Для этого используются только гидрометаллургические процессы (сорбция, экстракция, электродиализ).

В докладе Дании (№ 10) приведено описание лабораторных и укрупненных исследований процесса сульфатизирующего обжига упорных урановых руд одного из месторождений Гренландии. Обжиг применен для перевода урана в растворимое состояние. Разработанная схема не имеет жидких отходов.

Доклады от Испании и Португалии (№ 15, 17, 36, 37) посвящены разработка процессов переколяционного и кучного выщелачивания бедных руд, в том числе сланцев, а также усовершенствованию технологии действующих предприятий. Усовершенствование состоит в основном в переходе на использование современных процессов сорбции и экстракции.

Из пяти югославских докладов (№ 6, 7, 8, 9, 39) два посвящены описанию технологических схем, разрабо-

танных для извлечения урана из руд двух месторождений. Схемы предусматривают использование таких современных процессов, как самоизмельчение, сорбция, экстракция. В других докладах приведены результаты исследования по осаждению урана из сернокислых растворов путем восстановления водородом с использованием в качестве катализатора двуокиси урана, описаны лабораторные и укрупненные исследования бактериального выщелачивания урановых руд. Заслуживают внимания сведения о существовании бактерий, способных ускорять процесс выщелачивания в щелочной среде.

Вопросу извлечения урана из урансодержащих фосфоритов на симпозиуме былоделено значительное внимание. На эту тему представили доклады Франция, Югославия, СССР, Индия и Израиль. В докладе от Индии приведены результаты исследования некоторых фенилфосфорных кислот как экстрагентов для извлечения урана из растворов фосфорной кислоты. В Югославии изучены следующие экстрагенты: додецилфосфорная кислота, ди-2-этилгексилфосфорная кислота, дигидрофосфат, монобутилфосфат.

В докладах от ОАР (№ 34 и 35) сообщены результаты исследований технологии извлечения урана из

сланцев, песчаников и упорных руд месторождений ОАР.

Вопросы комплексной переработки упорного урансодержащего сырья рассматриваются в бразильских докладах (№ 18, 19, 20), посвященных переработке урансодержащих циркониевых руд и молибдено-уранных руд. Исследования по химической обработке руд проведены с использованием математических методов планирования экспериментов. Показана экономическая целесообразность переработки этих руд по разработанным схемам, предусматривающим комплексное использование содержащихся в них ценных компонентов (циркония, урана, молибдена, ванадия). В двух докладах от Аргентины (№ 26 и 27) также рассматривается комплексная переработка урановых руд.

От СССР на симпозиум было представлено три доклада (№ 40, 41, 42): по подземному выщелачиванию, по переработке глинисто-ширитных руд, содержащих уран, фосфор и редкие земли, по исследованию технологии извлечения урана и других ценных компонентов из урансодержащих сланцев.

Сборник с материалами симпозиума будет опубликован Международным агентством по атомной энергии в начале 1971 г.

Г. Ф. ИВАНОВ, Ю. С. ПОЛИКАРПОВ

## Методы обращения с радиоактивными отходами

За последние 5 лет накоплен большой опыт по эксплуатации экспериментальных и промышленных установок по обращению с радиоактивными отходами низкой и средней удельной активности. Проведены большие исследования по очистке жидких радиоактивных отходов с использованием новых методов, а также по заключению активных концентратов в битум или стекло. Результаты последних достижений в этой области были освещены на Международном симпозиуме, проходившем в сентябре 1970 г. в Экс-ан-Превене (Франция). Симпозиум был организован МАГАТЭ и Европейским агентствами по атомной энергии. В работе симпозиума принимали участие около 240 ученых и инженеров из 29 стран и нескольких международных организаций.

Перед началом симпозиума было проведено совещание экспертов СССР, США, Великобритании, Франции и ФРГ по вопросам обращения с высокоактивными отходами и подготовки симпозиума по этой проблеме, который должен состояться в 1971 или 1972 г.

Ниже приведены наиболее интересные сведения по обращению с радиоактивными отходами различной удельной активности по материалам симпозиума и совещания экспертов.

**Обращение с высокоактивными жидкими отходами.** В настоящее время во всех странах, имеющих атомную промышленность, высокоактивные отходы хранятся в емкостях из нержавеющей стали и охлаждаются водой с помощью змеевиков. В США до сих пор эксплуатируются старые емкости из углеродистой стали, в которых хранятся щелочные растворы без специального охлаждения. Отвод тепла осуществляется за счет испарения воды. Остекловывание высокоактивных отходов в промышленном масштабе пока нигде не осуществлено, опытные работы ведутся в США, СССР, Великобритании и Франции. США собираются внедрить метод остекловывания в 1971—1972 гг., а Великобритания и Франция — только в 1974—1975 гг. В США разрабатываются три метода остекловывания; метод, рекомендован-

ный к внедрению в промышленность, пока еще не выбран.

По данным США, Великобритании и Франции остекловывание высокоактивных растворов требует значительно больших затрат, чем хранение в емкостях. Например, в США стоимость хранения растворов составляет 1,5, а остекловывание — 7 долл. на 1 кг облученного топлива. Внедрение остекловывания предполагает не экономические цели, а обеспечение безопасного захоронения высокоактивных отходов.

**Обращение с отходами низкой и средней удельной активности.** Для обезвреживания жидких отходов низкой и средней удельной активности во всех странах используются следующие основные методы: химическая переработка, выпаривание (дистилляция), ионный обмен, подземное захоронение, сброс в моря и океаны, цементирование или битумирование концентратов (кубовых остатков и пульп).

**Химическая переработка.** В качестве соосадителей и коагулянтов используют в основном сульфаты, фосфаты и гидроокиси тяжелых металлов. При операциях осаждения степень очистки колеблется от 2 до 100. Полученные пульпы отстаиваются или фильтруются. Осадки направляют на хранение, цементирование или битумирование. Очищенные растворы, в зависимости от удельной активности, сбрасываются в открытые водоемы, упариваются или очищаются с помощью сорбентов.

**Выпаривание** является универсальным методом концентрирования жидких отходов. В зависимости от содержания солей степень очистки исходного раствора составляет  $10^3$ — $10^6$ . Этот метод широко применяется для очистки жидких отходов с содержанием солей более 2—5 г/л. Во Франции наблюдается тенденция замены в последующем осадительных методов выпариванием. Кубовые остатки предполагается направлять на цементирование или битумирование.

**Ионный обмен** применяют в основном для очистки малозасоленных отходов. В настоящее время во многих странах используются колонны со смешанным слоем сорбентов (в Н- и ОН-форме), что позволяет значительно-