

Конференции, семинары

МИРЭК XI о перспективах развития ядерной энергетики

Очередная мировая энергетическая конференция (МИРЭК) состоялась в сентябре 1980 г. в Мюнхене (ФРГ). Ее девиз «Энергия для нашего мира», а также программа свидетельствуют о повышенном внимании энергетиков и представителей деловых кругов многих стран мира к современному состоянию и перспективам развития энергетики во взаимосвязи с экономикой и охраной окружающей среды. На конференции были зарегистрированы более 5000 участников из 78 стран и различных международных организаций: ООН, СЭВ, МАГАТЭ, ОЭСР, ОПЕК, Международный банк реконструкции и развития и др.

На открытии выступил канцлер ФРГ Г. Шмидт. При изложении энергетической программы ФРГ он отметил, что в предстоящее десятилетие важное значение будет придаваться ядерной энергетике, доля которой в общем балансе выработки электроэнергии в 1979 г. составила 11%. Г. Шмидт указал на необходимость широкого международного сотрудничества в решении энергетических проблем современности и заявил, что правительство ФРГ поддерживает предложение о проведении общеевропейского совещания по проблемам энергетики на высоком уровне.

Руководитель советской делегации П. С. Непорожний рассказал об основных направлениях развития энергетики в нашей стране в ближайшее десятилетие, отметив важность развития электроэнергетики и повышение роли ядерной энергии и угля в производстве электроэнергии.

Из 164 представленных докладов 30 касались состояния технологии, перспектив развития ядерной энергетики и ее роли в структуре мирового энергобаланса. Был организован «круглый стол» по проблемам развития ядерной энергетики. Большое место проблемы ядерной энергетики заняли и в дискуссии на заседании «круглого стола» по энергобалансу и экономии энергии.

Выступавшие на технических секциях затрагивали наиболее актуальные проблемы ядерной энергетики, в том числе ее место в энергобалансе стран и мира в целом,

развитие реакторов-размножителей и усовершенствованных тепловых реакторов, технологию ядерного топливного цикла. Рассматривались ресурсы уранового сырья и потребности в уране на перспективу, безопасность АЭС и охрана окружающей среды, регенерация отработанного топлива, захоронение радиоактивных отходов, а также международное сотрудничество в области ядерной энергетики. Сегодня доказанные запасы урана в мире составляют около 4 млн. т, экономически извлекаемые при современном уровне технологии — 2,2 млн. т (табл. 1). Энергетический потенциал ресурсов урана при его использовании в тепловых реакторах эквивалентен 120 млрд. т усл. топл. Ввод в эксплуатацию реакторов-размножителей увеличил бы этот потенциал в 40—60 раз. Кроме того, по оценкам, залежи галечника с концентрацией окиси урана 25—80 г/т могут дать еще 13 млн. т ядерного топлива. Окись урана имеется также в залежах с еще более низкой концентрацией и в морской воде.

Общая установленная мощность АЭС в мире в середине 1980 г. составляла 125 тыс. МВт, доля в мировом производстве электроэнергии — 8%. За четыре года общая установленная мощность АЭС возросла на 25 тыс. МВт, среднегодовые темпы прироста были сравнительно невысокими — 5,7%. В настоящее время в мире строятся АЭС общей мощностью 210 тыс. МВт и размещены заказы еще на 80 тыс. МВт. В структуре действующих, строящихся и заказанных ядерных мощностей по-прежнему подавляющую часть — более 80% — составляют реакторы LWR. Прогнозируемые масштабы развития ядерной энергетики, по оценкам МИРЭК, продолжают уменьшаться (табл. 2).

Усредненное число часов использования суммарных мощностей блоков АЭС в 1978—1979 гг. составило: Великобритания — 4800, Канада — 6100, США — 5400, Франция — 5000, ФРГ — 4800, Япония — 4300. Малое число часов, по всей вероятности, объясняется простоями агрегатов АЭС по разным причинам или задержкой ввода установленных мощностей.

В докладе, представленном совместно США и ФРГ, рассматривались перспективы развития мировой ядерной энергетики. Авторы предполагают, что препятствия, мешающие более широкому использованию ядерной энергии, в ближайшие годы исчезнут и ядерная энергетика будет развиваться без серьезных задержек. Суммарное потребление первичных энергоресурсов в 2020 г. составит 28 млрд. т усл. топл. по сравнению с 10 млрд. в конце 70-х годов. Среднегодовые темпы роста электропотребления составят 3% для стран — членов ОЭСР, 4,5% для стран — членов СЭВ и 6% для развивающихся стран. В период до 2020 г. ядерная энергия в крупных масштабах будет использоваться только для производства электроэнергии. В табл. 3 приводится прогноз роста мощности АЭС по группам стран и в мире в целом до 2020 г. По другому прогнозу, в частности, по оценке 24-й сессии МАГАТЭ (июнь 1980 г.), общая мощность АЭС в мире к 1985 г. может возрасти до 290—350 тыс. МВт с соответствующим ростом доли АЭС в выработке электроэнергии до 15—16%.

Таблица 1

Ресурсы и запасы энергетического сырья в мире

Энергосырье, млрд. т усл. топл.	Геологические запасы	Доказанные ресурсы	Экономически извлекаемые
Нефть	360	127	127
Природный газ	276	79	79
Нефть из битуминозных пород	1080	Не менее 100	Около 60
Каменный уголь	7728	Не менее 2000	493
Бурый уголь и торф	2399	Не менее 1000	144
Уран, млн. т		4	2,2

Таблица 2

Прогноз установленной мощности АЭС, тыс. МВт

МИРЭК	1980 г.	1985 г.	1990 г.	2000 г.
IX, Детройт (США), 1974 г.	302—316	690—890	1390—1900	3580—5330
X, Стамбул (Турция), 1977 г.	125—130	250—335	500—690	1300—1650
XI, Мюнхен (ФРГ), 1980 г.	125	220—250	400—500	850—1000

К 2020 г. ядерная энергетика, как ожидается, будет производить 43% электроэнергии в мире и удовлетворять почти 20% мировых потребностей в первичных энергоресурсах. Достижение этих показателей невозможно без развития реакторов-размножителей.

Структуре мощностей реакторов в этом и еще в одном докладе ФРГ уделяется большое внимание. Предполагается, что если развитие ядерной энергетики пойдет по пути максимального использования LWR, то к 2020 г. из общей установленной мощности АЭС в мире 2550 тыс. МВт на их долю будет приходиться 2285, на долю тяжеловодных — 200 и высокотемпературных — 65 тыс. МВт. При этом годовая потребность в природном уране составит 352 тыс. т, интегральная потребность в уране — 6090 тыс. т и накопление отработавшего топлива — 75 тыс. т/год, а всего 1225 тыс. т. При условии постоянного совершенствования конструкции этих типов реакторов и обогатительных установок, повышения коэффициента восстановления урана и использования ядерного топлива потребности в уране в 2020 г. будут несколько ниже — 276 тыс. т/год и 5350 тыс. т в сумме. В соответствии с этим интегральная потребность в уране уже в начале следующего века превысит имеющиеся мировые ресурсы урана.

Ускоренное развитие реакторов-размножителей существенно изменило бы ситуацию. По оценке авторов докладов, общая мощность таких реакторов к 2020 г. может составить 394 тыс. МВт, в том числе по странам: США — 88,5, Японии — 51, Франции — 42 тыс. МВт. Успешное выполнение этих программ снизило бы суммарную годовую потребность в уране на 25% (до 260 тыс. т).

Еще один доклад ФРГ был посвящен международной стандартизации в области ядерной технологии. Различия в конструкции реакторов и обогатительных установок, правилах эксплуатации, требованиях к безопасности и т. п. затрудняют международное сотрудничество. В рамках Международной организации по стандартизации есть Технический комитет 85 по ядерной энергетике, занимающийся стандартизацией терминологии, определений, единиц, символов, а также критериями радиационной защиты, выбором места размещения реакторов и т. п. В рамках Международной электротехнической комиссии создан Технический комитет 45, на который возложена стандартизация измерений в атомной промышленности и энергетике. Оба комитета работают в тесном контакте. Кроме того, специальные группы по стандартизации действуют в рамках МАГАТЭ, ОЭСР и ЕЭС, а также Международных комиссий по радиационной защите и по радиационным единицам и измерениям.

В одном из докладов США рассматриваются перспективы развития ядерной энергетики в стране. Несмотря на замедление темпов экономического развития, повлекшее отмену заказов и приостановку строительства нескольких АЭС, выработка электроэнергии на действующих АЭС в 1980 г. несколько увеличилась. Перспективы развития ядерной энергетики в стране вновь приобретают благоприятный характер. Предполагается, что доля ядерной энергии в выработке электроэнергии повысится с 11,5%

в 1979 г. до ~20% в 2000 г., что потребует увеличения мощности АЭС до ~260 тыс. МВт. В результате понадобится к действующим 52 тыс. МВт, строящимся 100 тыс. МВт и заказанным 26 тыс. МВт мощностей АЭС добавить в 80-е годы заказы еще на 68 крупных блоков, т. е. по 8—9 блоков в год (в 90-е годы потенциал атомной промышленности США должен обеспечивать возможность ввода до 25—30 блоков в год).

Два канадских доклада были посвящены эффективности использования топлива в тяжеловодных реакторах и охране окружающей среды при добыче урана. В 1979 г. более 1/3 электроэнергии в энергосистеме Онтарио-Гидро было выработано на АЭС с реакторами типа CANDU. В этой энергосистеме планируется до 2000 г. обеспечить прирост новых мощностей на 2/3 за счет ввода АЭС с такими реакторами.

Развитие ядерной энергетики на базе реакторов типа CANDU, реакторов-размножителей и тепловых реакторов с замкнутым ториевым или ториево-плутониевым циклом начнет оказывать заметное воздействие на потребление урана в Канаде лишь после 2000 г. Интегральное потребление природного урана к 2000 г. составит при всех условиях около 50 тыс. т. Без учета новой технологии интегральное потребление природного урана достигнет ~240 тыс. т в 2025 г. и ~640 тыс. т в 2050 г. Использование реакторов-размножителей и тепловых реакторов с замкнутым ториево-плутониевым циклом при наиболее благоприятном сочетании может сократить это потребление до 200 и 380 тыс. т соответственно. В то же время достоверные запасы и возможные дополнительные ресурсы природного урана в Канаде составляют ~540 тыс. т.

В двух японских докладах обсуждалось развитие топливного цикла и перспективы увеличения доли ядерной энергии в энергобалансе в ближайшие 15 лет. Доля АЭС увеличится с 10,8% в настоящее время до 22—23% (51—53 тыс. МВт) в 1990 г. и 26,5—28% в 1995 г. (74—78 тыс. МВт). К 2000 г. суммарная мощность ядерных блоков достигнет ~100, к 2020 г. — ~225 тыс. МВт. Сейчас в стране работают 20 блоков общей мощностью 13,8 тыс. МВт, строятся восемь блоков мощностью 7,1 тыс. МВт и заказаны еще семь примерно на такую же мощность. Все блоки с реакторами LWR. Интегральное потребление урана в 2000 г. составит от 204 до 169 тыс. т и в 2020 г. — от 587 до 407 тыс. т. В 1985 г. предполагается ввести в действие реактор-размножитель мощностью 715 МВт (эл.), строительство которого уже ведется.

Потребность в регенерации отработавшего топлива в 1985 г. в Японии составит около 600 т. Первый завод по регенерации пуден в 1976 г. С сентября 1977 г. было переработано более 20 т топлива (завод работал с перерывами).

Таблица 3

Рост мощности АЭС, тыс. МВт

Группа стран	1979 г.	1985 г.	2000 г.	2020 г.
Страны — члены ОЭСР	109(13 *)	235(14)	610(23)	1390(23)
Развивающиеся страны	4(5)	15(9)	80(17)	390(27)
Социалистические страны	12(4)	30(5)	200(9)	770(9)
Всего:	125(22)	280(28)	890(49)	2550(59)

*) В скобках указано число стран, располагающих АЭС.

вами из-за неполадок). Япония имеет соглашение с США и Францией о проведении совместных исследований в области регенерации отработавшего топлива. Излишки переработанного топлива и радиоактивные отходы подлежат захоронению, для чего к 1985 г. необходимо соорудить хранилища для твердых и жидких отходов.

Проблемы топливного цикла рассматривались также в докладе Швеции. Суммарная мощность шести действующих блоков АЭС страны составляет 3730 МВт, после завершения строительства еще шести блоков достигнет 9460 МВт. По принятому в 1977 г. закону разрешение на эксплуатацию ядерных реакторов выдается только в том случае, если известно, где и как будут храниться высокоактивные отходы. Это потребовало разработки проекта объединенного центрального хранилища и сети временных хранилищ отработавшего топлива и высокоактивных отходов. Первая очередь центрального хранилища должна войти в действие в 1984—1985 гг. и будет вмещать 1,5 тыс. т урана. Затем предполагается ввод второй очереди емкостью еще 1,5 тыс. т, что вместе с первой очередью позволит постоянно хранить отходы и отработавшее топливо 12 реакторов за 12 лет эксплуатации. Конструкция хранилища предусматривает полностью механизированное размещение канистр с остеклованными отходами в подземных гранитных туннелях на глубине около 500 м в прибрежной зоне страны. Перед размещением в центральном хранилище отходы должны в течение 40 лет содержаться во временных хранилищах для остывания до температуры ниже 100 °С. Канистры изготавливаются из свинца с титановой либо медной, либо алюминиевой оболочкой. Всего предполагается соорудить три временных хранилища общей емкостью 9 тыс. т остеклованных отходов.

В докладе Испании определяется роль ядерной энергетики в экономике страны. В настоящее время действуют три блока АЭС общей мощностью 1120 МВт, семь блоков общей мощностью 6,6 тыс. МВт строятся, размещены заказы еще на пять блоков общей мощностью 4,9 тыс. МВт. Доля АЭС в производстве электроэнергии в 1990 г. должна увеличиться до 16,5%. Дальнейшее развитие ядерной энергетики будет зависеть от решения проблем обеспеченности урановым сырьем, переработки и захоронения отработавшего топлива и высокоактивных отходов, так и от общей политики в импорте энергоресурсов и степени развития новой технологии, включая быстрые и высокотемпературные газовые реакторы, ввод которых в любом случае не ожидается ранее 2000 г.

В докладе Италии анализируются причины задержки строительства АЭС в стране. В 1977 г. была принята программа строительства 12 блоков по 1000 МВт. Ввод всех блоков предусматривался в период 1978—1985 гг. Однако в связи с мораторием на строительство АЭС ввод первого блока ожидается не ранее конца 1983 г., завершение всей

программы растягивается минимум до 1990 г. Такая задержка означает, что в 80-х годах в Италии не будет добавлено около 400 млрд. кВт·ч. Дефицит в электроэнергии будет удовлетворен за счет ТЭС, в основном работающих на нефти и газе (64% всей электроэнергии Италии в 70-х годах было выработано на газовых и мазутных ТЭС), что означает дополнительный импорт 80—90 млн. т нефти. Это обойдется в 10 млрд. долл. (в ценах 1979 г.), что сопоставимо со стоимостью строительства 12 блоков (18 млрд. долл.).

От развивающихся стран доклады, касающиеся ядерной энергетики, представили Индия и Иордания. Несмотря на то что 80% населения мира в 2000 г. будет проживать в развивающихся странах, доля, приходящаяся на них в мировом потреблении энергии, не превысит 25%. По мнению авторов, ядерная энергия на современном уровне развития технологии не является единственным средством решения энергетических проблем развивающихся стран вследствие большой капиталоемкости, недостаточности ресурсов урана и нерешенных технических вопросов переработки топлива и захоронения высокоактивных отходов. Перспективным является увеличение потребления нефти и природного газа и отсрочка того времени, когда новые типы реакторов с замкнутым топливным циклом, а также технология использования солнечной энергии и термоядерного синтеза приобретут в мире коммерческие масштабы. Это произойдет, по оценке некоторых специалистов развивающихся стран, через 25—30 лет.

Однако сложившаяся ситуация в мире, ограничивающая доступ многих развивающихся стран к нефти и газу, особенно тех, которые не имеют собственных запасов нефти, газа или гидроэнергетических ресурсов, делают ядерную энергию необходимым компонентом развития собственной энергетической базы. В Индии действуют АЭС общей мощностью 640 МВт. Начинается выполнение программы строительства 10 блоков с тяжеловодными реакторами мощностью по 235 МВт (эл.) каждый, проектируется сооружение блока мощностью 500 МВт с LWR. Вскоре должен быть пущен первый демонстрационный реактор-размножитель мощностью 15 МВт (эл.). Ожидается, что к 2000 г. общая мощность АЭС с тепловыми реакторами достигнет 5—8 тыс. МВт, с реакторами-размножителями 1—2 тыс. МВт.

По оценке МАГАТЭ, на которую ссылаются авторы в докладе Иордании, к 2000 г. в развивающихся странах могут действовать ~230 блоков АЭС мощностью от 150 до 600 МВт каждый.

Доклады конференции изданы в ФРГ на трех рабочих языках (английском, французском и немецком), некоторые из них будут опубликованы Энергоиздатом на русском языке в конце 1981 г.

МИРОЛЮБОВ В. А., СТАРШИНОВ Ю. Н.

5-я Всесоюзная конференция по нейтронной физике

В работе конференции, состоявшейся 19 сентября 1980 г. в Киеве, участвовали около 250 советских и иностранных специалистов. На шести тематических секциях и пленарном заседании было представлено более 300 докладов о фундаментальных и прикладных проблемах нейтронной физики и физики деления ядер, об изучении характеристик источников нейтронов и методах проведения экспериментальных исследований с нейтронами.

Пленарное заседание. На конференции отмечался высокий уровень развития нейтронной физики и ее влияние на прогресс атомной техники (доклад М. В. Пасечника, ИЯИ АН УССР). Приводился перечень нейтронных дан-

ных, нужных для атомной техники и реакторной технологии, перечислялись наиболее важные практические задачи. Задачей нейтронной физики до 2000-го года является глубокое изучение фундаментальных свойств материи, пространственных и временных соотношений в микромире и субмикромире, развитие единой теории ядерных сил, участие в создании новых ядер на основе изучения взаимодействия нейтронов с ядром и веществом, обеспечение атомной технологии и энергетики прецизионными нейтронными данными.

О потребностях в ядерных данных для атомной науки и техники сообщалось в докладе Л. Н. Усачева (ФЭИ).