



ВОЕВОДИН

Виктор Николаевич — член-корреспондент НАН Украины, директор Института физики твердого тела, материаловедения и технологий Национального научного центра «Харьковский физико-технический институт»

НАУЧНОЕ СОПРОВОЖДЕНИЕ ЯДЕРНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ УКРАИНЫ

Глубокоуважаемое академическое сообщество!

Позвольте коротко рассказать о тех работах, которые проводятся в Академии по научному сопровождению ядерно-энергетического комплекса Украины.

По данным МАГАТЭ за февраль 2015 г., в 30 странах мира эксплуатируется 194 атомные станции, на которых работает 439 ядерных реакторов общей мощностью 370 049 МВт, что составляет 17% мирового производства электроэнергии и обеспечивает снижение уровня выбросов CO₂.

Еще 69 новых АЭС находятся в стадии строительства в 14 странах (Китай, Россия, США, Индия, Южная Корея, ОАЭ, Япония и др.). Украина занимает 4-е место в мире по доле электроэнергии, производимой на АЭС, в общем энергетическом балансе (Франция — 78%, Бельгия и Словакия — по 54%, Украина — 47%, Венгрия — 43%, Словения — 42%, Швейцария — 41%, Швеция — 40%). В прошлом году в некоторые месяцы до 56% выработки электроэнергии в Украине пришлось именно на АЭС, т.е. в это тяжелое для страны время атомные блоки реально явились гарантами энергетической безопасности.

Несмотря на трагедии Чернобыля и Фукусимы, реалии экономики и экологии заставили человечество вернуться к приоритетному развитию ядерной энергетики, поскольку еще не изобретено источников производства более дешевой и экологически чистой электроэнергии.

Хочу обратить ваше внимание на отпускные цены в Украине на электроэнергию (данные на 01.04.2014 в грн): солнечная — 5,06; малые ГЭС — 2,10; биотопливо — 1,35; ветровая — 1,22; ТЭЦ — 1,09; ТЭС — 0,66; ГЭС — 0,31; АЭС — 0,28. При этом оптовая рыночная цена, по которой государство продает электроэнергию потребителям, составляет 0,75 грн, и эта разница в 40–50 коп в течение последних десятилетий была «спасательным кругом» для отечественной экономики.

Ядерная генерация была и остается единственной отраслью энергетики Украины, которая за годы независимости смогла

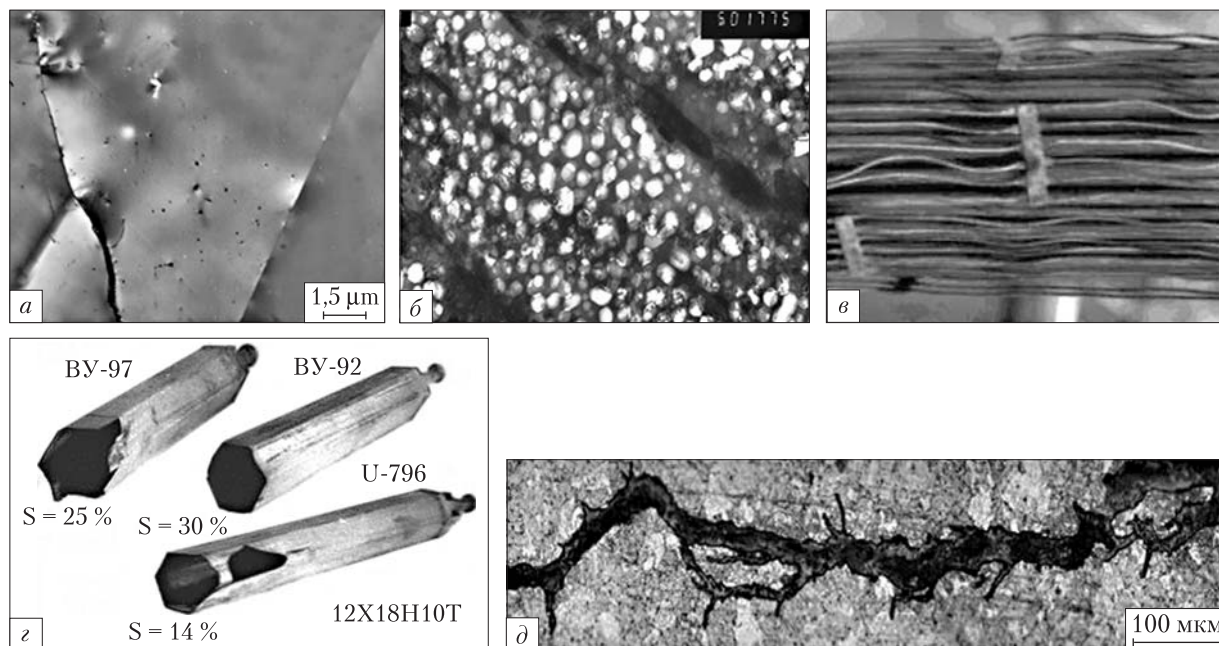


Рис. 1. Изменение физико-механических свойств и размерной стабильности материалов: *a* – исходный образец; *б* – набухание после облучения; *в* – образец после длительного облучения; *г* – оболочки ТВЭЛов; *д* – фрагмент трещины в металле патрубка

ла продолжить поступательное развитие, не уменьшая объемов производства – 15 атомных блоков сегодня вырабатывают 13 835 МВт и обеспечивают половину потребности страны в электроэнергии. И это в то время, когда тепловая энергетика Украины, испытывающая сегодня перебои с поставкой топлива, эксплуатирует на своих ТЭС и ТЭЦ 104 блока, проработавших более 40 лет. При этом 90 % этих блоков исчерпали «парковый» ресурс в 100 тыс. часов.

Ответственность Академии перед украинским обществом в решении проблем современной ядерной энергетики состоит в следующем:

- гарантирование безопасной эксплуатации объектов ядерной энергетики;
- обеспечение продления срока эксплуатации действующих энергоблоков АЭС;
- разработка технологий получения циркония из украинского сырья и создания новых сплавов на его основе;
- переработка и захоронение радиоактивных отходов и отработанного ядерного топлива;

- создание перспективных материалов для повышения эффективности и надежности оборудования ядерной энергетики.

Важнейшим вопросом сегодня является продление срока эксплуатации действующих энергоблоков АЭС. К сожалению, почти все украинские атомные блоки, за исключением трех, построенных в годы независимости, практически исчерпали свой регламентный ресурс, рассчитанный на 30 лет. И здесь возникает практически гамлетовский вопрос: закрывать или продлевать? Дело в том, что продление срока эксплуатации одного действующего энергоблока типа ВВЭР-1000 на 20 лет требует затрат порядка 300–350 млн долл. США, а стоимость строительства нового блока (срок строительства 5–7 лет) составляет 5–7 млрд долл. по российским проектам и около 10 млрд долл. по западным проектам. Причем эти цифры относятся к строительству на действующих площадках, при возведении энергоблоков на новых площадках затраты возрастают в 1,5 раза.

В настоящее время в Украине продлена работа 3 энергоблоков. Теперь стоит задача в течение 6 лет продлить работу еще 9 блоков ВВЭР-1000.

С использованием технологии реконструкции образцов-свидетелей и определения радиационной нагрузки корпуса и внутрикорпусных устройств выполнено обоснование срока безопасной эксплуатации корпусов реакторов 6 энергоблоков украинских АЭС. Методами имитационного облучения тяжелыми ионами и математического моделирования выполнен прогноз радиационного поведения материалов в процессе длительной эксплуатации реакторов (30–60 лет).

С моей точки зрения, безопасность эксплуатации объектов ядерной энергетики имеет две основные составляющие: человеческий фактор и радиационное поведение материалов. Человеческий фактор был причиной всех крупных аварий на АЭС, но нашей специализацией являются именно материалы. Облучение модифицирует структурно-фазовое состояние сталей и сплавов, инициирует целый ряд специфических процессов, приводит к деградации первоначальных физико-механических свойств и размерным изменениям — материал значительно увеличивается в объеме (рис. 1), однако мы сегодня владеем технологиями и методами борьбы с этими нежелательными явлениями. Важным направлением нашей деятельности является создание новых поколений радиационно-толерантных материалов на основе наноразмерной системы оксидов Y и Zr в матрице аустенитной стали с целью повышения радиационной и коррозионной стабильности.

Очень остро стоит проблема отечественного производства циркония — основного материала оболочек реакторов на тепловых нейтронах (типа ВВЭР). Парадоксальность ситуации заключается в том, что Украина, будучи третьей страной в мире по запасам циркониевых руд и имея ежегодную потребность порядка 300 т циркониевого сплава, практически полностью прекратила финансирование предприятий этого профиля. НАН Украины проявила инициативу и обратилась во властные структуры

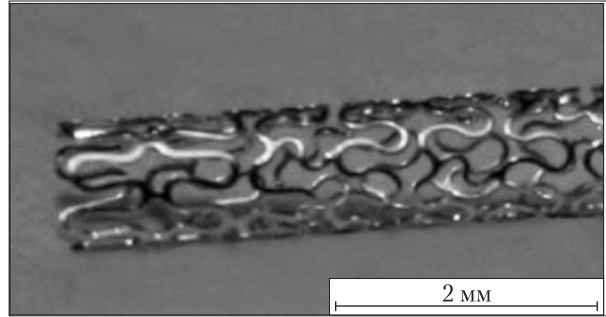


Рис. 2. Биоразстворимый стент из новых магниевых сплавов



Рис. 3. Офтальмологический магнит для извлечения осколков при повреждении глаз

с просьбой о решении этих проблем государственного значения. Если в ближайшее время ситуация с циркониевым производством не изменится, то мы будем полностью зависимы от других стран по поставкам циркониевых комплектующих для ядерного топлива.

Тем не менее, в Академии проводятся исследования и уже есть практические наработки по получению циркониевой губки и Zr-Nb-сплавов из отечественного сырья, созданы защитные барьерные слои для сохранения целостности ТВЭЛов в условиях запроектных аварий.

Коротко остановлюсь на проблеме безопасного обращения с отработанным ядерным топливом и радиоактивными отходами (РАО). В мире накоплено более 250 тыс. т ядерных отходов, в том числе в Украине 4600 м³ жидких РАО. Мы провели комплекс исследований по обоснованию безопасности размещения РАО в геологических массивах Украинского кристаллического щита и выбрали лучшие плагиограниты, где можно осуществлять захоронение.

В связи с тем, что у нас отсутствуют месторождения апатита, пригодные для промышленного захоронения РАО, возникла и технически реализована идея синтеза искусственных керамических апатитоподобных материалов состава $\text{Ca}_9\text{Sr}(\text{PO}_4)_6\text{F}_2$, предназначенных для этих целей.

Не секрет, что большинство основных технологических достижений конца прошлого века связаны с развитием атомного и космического проектов. И вот один из примеров. В настоящее время специалисты нашего Института, создававшие микрокристаллические сплавы Ве для отражателей нейтронов в головках ракет, работают над решением очень благородной задачи – созданием биорастворимых стентов (рис. 2). Это совершенно новая философия. Стент помещается в кровеносный сосуд, придает ему необходимую форму, а затем через 3–4 месяца растворяется. По предварительным данным, негативных реакций для организма при этом не обнаружено.

Еще один пример применения результатов фундаментальных исследований. Разработан и передан в Харьковский военный госпиталь офтальмологический магнит состава $\text{Nd}_2\text{Fe}_{14}\text{B}$ для извлечения осколков при повреждении глаз (рис. 3), что особенно актуально в условиях АТО. Благодаря этому уникальному инструменту уже удалось сохранить зрение около сотни раненым бойцам.

Научное сопровождение ядерной энергетики Украины осуществляется путем выполнения Государственной программы фундаментальных и прикладных исследований «Научно-техническое сопровождение развития ядерной энергетики и применение радиационных технологий в областях экономики», целевых комплексных программ научных исследований НАН Украины «Ресурс» и «Проблемы ресурса и безопасности эксплуатации конструкций, сооружений и машин».

Большие надежды мы возлагаем на подписанный 10 апреля этого года договор о научно-техническом сотрудничестве НАН Украины с НАЭК «Энергоатом».

В завершение хочу отметить, что современная ядерная энергетика является реальным источником производства дешевой электрической и тепловой энергии на длительную перспективу с гарантией ядерной, экологической и технической безопасности и в количествах, отвечающих потребностям мирового сообщества.

Дальнейшее развитие фундаментальных и прикладных исследований в области ядерной физики, физики плазмы и ускорителей, радиационного материаловедения, радиационных технологий и новых ядерно-энергетических источников может стать гарантией экономической, энергетической и экологической безопасности Украины.