

# Обнадеживающие перспективы устойчивого развития: вклад ядерной энергии

*Во многих странах мира реализация концепции устойчивого развития все больше связывается с использованием ядерных технологий*

**Аршад Хан,  
Люсиль Ланглуа  
и Марк Жиру**

**К**огда немногим более ста лет назад было открыто явление радиоактивности, никто не мог предвидеть его далеко идущих последствий. Это открытие положило начало новой и исключительно интересной отрасли научных исследований и технических разработок, которая оказала сильнейшее влияние на судьбы мира, влияние губительное и одновременно созидательное. На протяжении 40 лет со дня своего основания в 1957 г. МАГАТЭ активно занимается этими диаметрально противоположными аспектами атомной энергии и возможностями ее глобального использования в мирных целях. Повседневная деятельность Агентства в первую очередь направлена на поддержку совместных усилий государств по предотвращению применения ядерной энергии в целях разрушения и содействию ее безопасному использованию на благо человечества.

За последние четыре десятилетия серьезные достижения были, в частности, отмечены в таких областях, как энергетика и окружающая среда, медицина, сельскохозяйственное и промышленное производство, где широко применяются ядерная и радиационная технологии. Их использование позволяет, например, выявлять, проследить, наблюдать и измерять то, что скрыто от наших глаз; уничтожать раковые клетки и болезнетворные микроорганизмы, точно устанавливать местонахождение водных источников и в больших объемах производить электроэнергию экологически чистым способом и по конкурентоспособным ценам.

В данной статье рассматриваются роль мирного использования атомной энергии — главным образом в контексте деятельности МАГАТЭ по обеспечению устойчивого развития — и внедрение в жизнь самых разнообразных достижений в этой области. Созидательное применение ядерных и радиационных технологий стало ценным, а порой и незаменимым средством для решения целого ряда задач, стоящих перед государствами Латинской Америки, Африки, Азии и других регионов мира.

Г-н Хан, г-жа Ланглуа и г-н Жиру — сотрудники Секции планирования и экономических исследований Департамента ядерной энергии МАГАТЭ.

## Медицина и здравоохранение

Наиболее известной и широко распространенной областью применения “мирного атома” является, пожалуй, медицина, и в частности диагностика, интроскопия с использованием экранных технологий и лечение раковых заболеваний. Действительно, современная медицина немыслима без диагностической радиологии и лучевой терапии. Эти методы стали настолько привычными, надежными и предельно точными, что в промышленно развитых странах Запада примерно каждый третий больной проходит в той или иной форме радиологическую диагностику или терапию.

Программа МАГАТЭ в области ядерной медицины помогает операторам диагностических и лечебных установок во всех странах мира поддерживать высокий уровень профессиональной компетентности и обеспечивать высокоточную и качественную работу оборудования. Кроме того, Агентство оказывает содействие в повышении квалификации физиков, работающих в области радиологии, радиотерапии и ядерной медицины, что помогает обеспечивать высокое качество лучевой диагностики и лечения в различных странах. Используя глобальную сеть лабораторий, МАГАТЭ совместно с Всемирной организацией здравоохранения (ВОЗ) продолжает вести исследования с целью дальнейшего совершенствования методов клинической дозиметрии при лучевой диагностике и терапии.

**Исследования в области питания.** Другой сферой применения метода радиоактивных изотопов, который все больше привлекает внимание, являются определение полноценности питания человека и оценка результатов программ в области питания. Новый метод имеет много преимуществ: с его помощью можно без какого-либо вмешательства в организм человека своевременно и точно определить дефицит питательных веществ и должным образом скорректировать его. Агентство принимает участие в проведении ряда новаторских исследований, применяя новые методы для определения нехватки витамина А и железа, выявления заболеваний костной ткани, недоедания и установления правильного питания матери и ребенка. В настоящее время свыше 800 млн. человек во



Успешные примеры использования ядерной энергии можно наблюдать в различных сферах. *Сверху слева по часовой стрелке:* Выбросы газов в атмосферу от сжигания ископаемого топлива могут быть снижены с помощью облучения и полностью устранены в АЭС, вырабатывающих электроэнергию без выделения двуокси углерода (*Carnemark/World Bank*). Океанологи применяют ядерные методы для анализа образцов на загрязнение пестицидами и другими химикатами. (*IAEA-MEL*) В Африке, Латинской Америке и других регионах полноценность питания детей определяется и корректируется с помощью аналитических методов на базе ядерной технологии. (*Carnemark/World Bank*) Повышение плодородия — практическая задача проектов МАГАТЭ, помогающих земледельцам глубже понимать и решать задачи продовольственного обеспечения и сельскохозяйственного производства. (*IAEA*) Там, где ощущается нехватка водных ресурсов, методы изотопной гидрологии помогают странам лучше оценить имеющиеся запасы и рационально использовать их, а также производить разведку новых источников воды. (*Marshall/IAEA*)

всем мире хронически недоедают, а более 1 млрд. страдают болезнями или потеряли трудоспособность вследствие дефицита питательных веществ.

Стемьясь улучшить положение, МАГАТЭ разрабатывает и передает развивающимся странам оборудование, созданное на базе ядерных технологий и позволяющее проводить раннее выявление дефицита тех или иных питательных веществ и принимать необходимые меры. Такие специализированные методы могут стать "устойчивым решением" проблемы полноценного питания населения, а финансируемые Агентством проекты помогают реализовать соответствующие программы в странах Латинской Америки и в других регионах.

### Продовольствие, вода и сельское хозяйство

**Водные ресурсы.** В мире нет недостатка воды, но она не всегда находится там, где в ней испытывается наибольшая потребность. Во многих районах нехватка воды ощущается все острее, и в этих условиях весьма действенным оказывается метод изотопного обнаружения и оценки объемов подземных водных запасов. Радиоизотопный метод является важным аналитическим средством при организации эксплуатации и рационального потребления существующих запасов воды, а также для поиска новых, возобновляемых и пригодных для использования водных источников. На основании результатов аналитических исследований выносятся научно обоснованные рекомендации относительно планирования и организации устойчивой эксплуатации водных ресурсов.

МАГАТЭ располагает специальной лабораторией изотопной гидрологии, которая помогает проведению изыскательских работ. В рамках проектов предоставляется помощь странам, в которых наблюдается хронический дефицит воды, например Марокко, Сенегалу и Эфиопии. За последнее десятилетие Агентство финансировало почти 160 проектов на сумму 20 млн. долл. США, предусматривающих развитие в странах национального потенциала в области изотопной гидрологии. Около 550 ученых этих стран уже получили соответствующую профессиональную подготовку.

**Сельское хозяйство.** Использование ядерных технологий в сельском хозяйстве имеет для развивающихся стран первостепенное значение. Используемые в этой области радиоизотопные методы и облучение способны:

- индуцировать мутации растений для получения заданных сортов сельскохозяйственных культур;
- определять оптимальные условия для применения удобрений, орошения и биологической азотфиксации;
- уничтожать или контролировать численность насекомых-вредителей;
- повышать генетическую изменчивость видов растений;
- снижать потери заложенной в хранилища продукции, сдерживая прорастание, препятствуя гниению и увеличивая срок хранения продовольствия;
- помогать проследить пути движения пестицидов и агрохимикатов в природной среде и пищевой цепи.

**Измерение поглощения азота сельскохозяйственными культурами.** Совместно с Продовольственной и сельскохозяйственной организацией Объединенных Наций (ФАО) Агентство усовершенствовало методику измерения (изотоп азот-15) поглощенного растениями азота из атмосферы, почвы и внесенных удобрений. Метод позволяет производить оценку общего количества азота, фиксируемого в течение всего вегетационного периода. Это дает возможность выявлять и отбирать для выращивания бобовые культуры, обладающие наилучшей способностью к азотфиксации, большой урожайностью и высоким содержанием белка. ФАО и МАГАТЭ совместно поддерживают выполнение около 30 проектов, осуществляемых в самых разных уголках мира, по производству и применению биоудобрений для увеличения биологической азотфиксации и повышения урожайности зернобобовых. Использование биоудобрений позволило на 25% увеличить урожай в Бангладеш, Вьетнаме, Индии, Китае, Малайзии, Пакистане, Таиланде, на Филиппинах и в Шри-Ланке.

**Уничтожение насекомых-вредителей.** Переносчиком широко известной сонной болезни является муха цеце. Присутствие этого насекомого препятствовало заселению и освоению обширных областей Африки. И если в Западной Африке некоторых вредителей хотя бы временно удавалось взять под контроль, то уничтожение мухи цеце оказалось весьма трудной задачей. В настоящее время Агентство в сотрудничестве с ФАО разработало эффективное средство борьбы с одним из видов этого насекомого, который нанес значительный ущерб поголовью скота на острове Занзибар, Танзания. Местные власти считают, что достигнутые успехи можно довести до полной победы.

Радикальным средством борьбы с мухой цеце на Занзибаре стал метод стерилизации насекомых (МСН) с помощью облучения. Метод предусматривает стерилизацию миллионов специально разведенных самцов на личиночной стадии развития и их распространение в зараженных районах. Спариваясь с самками, они не производят потомства, что ведет к постепенному уменьшению и в конечном счете полному исчезновению популяции этого насекомого. Метод особенно эффективен на ограниченной территории, каковой и является остров Занзибар, где риск заражения извне сведен к минимуму.

В последние годы МСН успешно применяется для борьбы с другими вредителями, в том числе со средиземноморской плодовой мушкой, которая наносит огромный ущерб в 82 странах, поражая 260 сортов фруктов и овощей, и с личинкой американской мясной мухи, представляющей угрозу для миллионов голов скота. В Мексике стерильные плодовые мушки выводятся в Тапачуле на самом большом в мире предприятии такого рода, а в Тустле расположена крупная установка для разведения и стерилизации личинок мясной мухи, которая в 1991 г. оказала неоценимую помощь в борьбе с этим насекомым. За тридцатилетний период соотношение затрат и выгод, связанных с борьбой против американской мясной мухи, по самым скромным оценкам, составляет 1:10. В денежном выражении это означает, что за

данный период хозяйство Мексики сэкономило по крайней мере 3 млрд. долл. США. Используя мировой опыт применения МСН, Агентство, ФАО и органы власти Ливии, где несколько лет назад распространение личинок мясной мухи приобрело характер эпидемии, успешно завершили ликвидацию этого насекомого-вредителя. Большое количество стерилизованных мух было доставлено по воздуху в Триполи из Мексики и выпущено в инфицированных областях страны. Для ведения борьбы с личинкой американской мясной мухи Мексика уже снабжает стерилизованными насекомыми государства Центральной Америки и готова поставлять их в страны Карибского бассейна для проведения аналогичных кампаний.

Ликвидация с помощью МСН вредных насекомых, бесконтрольное размножение которых приводит к разрушительным для экономики последствиям, существенно укрепляет способность любого государства обеспечить продовольствием себя и других, действуя в рамках концепции экологической устойчивости. Новый метод позволяет сохранять качество и объем производства сельскохозяйственной продукции без какого-либо дополнительного и интенсивного применения химикатов, которые в конечном счете попадали бы в окружающую среду.

**Повышение генетической изменчивости сельскохозяйственных культур.** Ионизирующее излучение уже несколько десятилетий используется для селекции растений в рамках усилий по улучшению экономики ведения сельского хозяйства в отдельных районах. Ряд исследований проводится и в собственных научных лабораториях Агентства в Зайберсдорфе, Австрия; специальные разработки по конкретным странам и регионам ведутся во всем мире по линии программ сельскохозяйственных исследований, осуществляемых при поддержке МАГАТЭ. Сочетание двух направлений — создание мутаций и ведение селекционирования *in vitro* — позволило вывести новые генотипные / мутантные линии сорго, чеснока, пшеницы, бананов, фасоли, авокадо и перца, которые отличаются повышенной сопротивляемостью к воздействию вредителей и лучше приспособляются к суровым климатическим условиям.

**Сохранение пищевых продуктов.** В целях повышения сохранности продуктов питания во всем мире все шире используется метод облучения. В 37 странах мира органы санитарного и радиационного контроля утвердили метод облучения применительно к более чем 40 видам продовольствия, включая специи, зерно, куриное мясо, фрукты и овощи. Сегодня потребители могут без опасений покупать облученную клубнику, как это происходит во Франции, или облученную колбасу (в некоторых районах Таиланда).

В этой сфере, как и во многих других, для обеспечения безопасности необходимо соблюдать соответствующие правила и нормы. Международный стандарт для облученных пищевых продуктов был принят еще в 1983 г. Комиссией "Кодекс алиментарий", которая является совместным органом ФАО и ВОЗ, представляющим более 130 стран. Экспертный комитет позднее доложил Комиссии, что любой продукт питания, получивший общую среднюю дозу 10 000 греев, не является токсич-

ным, не нуждается в дальнейших испытаниях и не сопряжен ни с какими микробиологическими или вызванными питанием нарушениями\*.

Заинтересованность государств в облучении продовольствия объясняется рядом причин:

- большими потерями собранного урожая (обычно 25% от всего выхода продукции) вследствие заражения насекомыми-вредителями, болезнетворными микроорганизмами и порчи;
- обеспокоенностью по поводу пищевых отравлений;
- активизацией международной торговли продовольствием, которое должно отвечать самым строгим стандартам качества и карантинным нормам.

В то время как Комиссия "Кодекс алиментарий" осуществляет надзорные функции непосредственно в отношении продовольственной продукции, безопасность работы ядерных установок, производящих ее облучение, регулируется положениями международных норм радиологической защиты. МАГАТЭ участвует в разработке таких нормативных положений и нередко помогает странам в испытании и эксплуатации подобного оборудования.

**Состояние здоровья, продуктивность и борьба с болезнями домашнего скота.** Скотоводство жизненно важно для устойчивого развития сельского хозяйства большинства развивающихся стран, но продуктивность животных здесь значительно ниже, чем в промышленно развитых странах. Производство животноводческой продукции может быть увеличено, если проблемы питания, воспроизводства и здоровья скота — и особенно контроль и профилактика его заболеваний — привлекут к себе должное внимание. Эти проблемы могут быть решены с помощью ядерных и смежных технологий. Совместно с ФАО, Европейским союзом и другими партнерами МАГАТЭ помогает странам Африки и других регионов вести наблюдение, бороться и добиваться окончательной ликвидации чумы крупного рогатого скота на своих территориях. В Африке программа борьбы с этим заболеванием уже принесла свои плоды, и сегодня 34 участвующие в кампании страны считают, что полностью искоренить чуму можно будет в течение ближайших пяти лет.

## Энергетика и электроэнергетика

В области энергетики применение ядерных технологий благотворно сказывается на окружающей среде и не ограничивается экологически чистым производством электроэнергии.

**Разведка геотермальных источников.** Благодаря оснащению аналитической аппаратурой лаборатории изотопной гидрологии МАГАТЭ в Вене и ее международных партнеров могут быть усовершенствованы методы разведки геотермальных вод и разработаны способы оптимального использования их ресурсов. Предложенные МАГАТЭ радиоизотопные методы были использованы в ряде стран, например в Коста-Рике и Никарагуа, для картирования геотермальных ис-

\* 1 грей = 1 джоуль на килограмм, единица измерения энергии, поглощенной облученным материалом.

### Экологичность ядерной энергии

Использование ядерного топлива, в отличие от сжигания горючих ископаемых, для производства электроэнергии может отчасти отвести угрозу глобального потепления. Ядерная энергия уже играет существенную роль, помогая снижать или стабилизировать выбросы двуокиси углерода ( $\text{CO}_2$ ) — газа, с которым связывают глобальное изменение климата. При замене всех действующих сегодня в мире АЭС электростанциями, работающими на ископаемом топливе, выбросы  $\text{CO}_2$  предприятиями энергетического сектора возрастут более чем на 8%. Примерно столько же  $\text{CO}_2$  не поступает в атмосферу благодаря ГЭС. Значительно большего количества выбросов  $\text{CO}_2$  удастся избежать в странах, где доля ядерной энергии в общей структуре производства электричества является более высокой, например во Франции, Швеции, Бельгии, Испании, Швейцарии и США. Во Франции за период 1980 — 1993 гг. коэффициент снижения выбросов  $\text{CO}_2$  составил 8, а двуокиси серы — 10. За тот же период общий объем производства электроэнергии во Франции почти удвоился в основном благодаря увеличению доли ядерной энергии с 25% до более чем 75%. Аналогичным образом, в Швеции существенное уменьшение выбросов в атмосферу при производстве электроэнергии было достигнуто главным образом в результате замены нефти и другого сжигаемого топлива ядерными технологиями. Сообщалось, что в целом в промышленно развитых странах — членах Организации экономического сотрудничества и развития снижение интенсивности выбросов углерода в энергетических секторах за истекшие 25 лет произошло в основном за счет использования ядерной энергии.

Эти достижения показывают, что при выборе способа производства электроэнергии необходим объективный сравнительный анализ разных вариантов и что преимущества ядерных технологий для окружающей среды могут быть документально обоснованы. Учитывая заинтересованность государств — членов Агентства в таком всеобъемлющем сравнительном анализе для энергетического планирования, МАГАТЭ разработало и распространило пакет компьютерных программ и баз данных, составляющих аналитическую основу для анализа экономических, медицинских, экологических и социальных аспектов всех энергетических цепей производства электроэнергии.

точников и определения мест строительства станций.

**Уменьшение выбросов газов.** Установка ускорителей, позволяющих формировать электронные пучки в дымовых трубах обычных углесжигающих электростанций, позволит фактически устранить содержащую серу и азот выбросы в атмосферу. Действительно, добавление аммиака превращает эти топочные газы-загрязнители в удобрения — сульфат и нитрат аммония — и воду. Этот остроумный и оригинальный метод в настоящее время демонстрируется в проекте, осуществляемом при поддержке МАГАТЭ в Польше, недалеко от Варшавы. В отличие от розовой мечты алхимиков о превращении свинца в золото, современные энергетики видят реальную перспективу преобразования загрязняющих среду газов в полезный продукт — удобрения.

**Ядерная энергетика.** Мало кто сомневается, что в будущем глобальное энергопотребление резко увеличится отчасти в силу быстрого демографического роста, а отчасти потому, что использование энергии — особенно потребление электричества — является неотъемлемым признаком высокому уровню жизни, к которому стремятся все. Бангладеш и Танзания потребляют в год менее 100 кВт-ч электроэнергии на душу населения, Швеция — 15 000, а Мексика — около 1250 кВт-ч. Учитывая неизбежный рост численности населения мира, всеобщее стремление к экономическому развитию и неуклонную тенденцию к урбанизации, неудивительно, что Всемирный энергетический совет предсказывает к 2020 г. рост мирового потребления электроэнергии на 50—75%.

В настоящее время 63% мировой электроэнергии производится из горючих ископаемых (уголь, нефть, газ), 19 — из гидроэнергии, 17 — из ядерной энергии, 0,5 — из геотермальной и менее 0,1% — из солнечной, ветровой энергии и энер-

гии биомассы. Это соотношение будет непременно меняться по мере освоения новых ресурсов, появления новых технологий и более эффективной реализации природоохранных мер. Рациональное производство и потребление энергии неизбежно станут важнейшими характеристиками устойчивого развития. Имеющийся опыт дает основания утверждать, что ядерная энергия будет играть важную роль при любом соотношении источников энергии.

**Перспективы ядерной энергетики.** В 70-е гг. наблюдались подъем энтузиазма по поводу ядерной энергии и ожидание ее ускоренного развития в надежде на то, что она сможет ослабить зависимость от нефтяного сырья. В условиях высокой инфляции и замедления экономического роста в последовавшем десятилетии спрос на энергию возростал медленнее, чем ожидалось, и в большей степени зависел от цен на нее. Запланированные в ряде стран, например в Мексике и Бразилии, крупные программы по строительству энергетических объектов не были реализованы. Последовавшие после аварии на Тримайл-Айленд многочисленные меры по повышению безопасности ядерных установок также сказались на конкурентоспособности предприятий ядерной энергетики.

Эти экономические факторы наряду с возрастающей политической оппозицией по отношению к ядерной энергетике замедлили развитие отрасли. Обеспокоенность проблемами безопасности и ликвидации радиоактивных отходов, выраженная широким экологическим движением, привела в ряде стран к прекращению финансирования ядерной отрасли. Сейчас в Западной Европе и Америке в области строительства новых ядерных установок наблюдается застой: незначительный рост в экономике и избыток мощностей в энергетике привели в последние годы к резкому сокращению крупномасштабного строительства. Сооруже-

ние АЭС быстрыми темпами продолжается только в Восточной Азии — особенно в Японии, Республике Корея и в Китае.

Тем не менее ядерная энергия сохраняет потенциал, чтобы стать важной составной частью в будущей структуре энергетики по следующим причинам.

**Экономическая конкурентоспособность.** Экономическая конкурентоспособность остается важным фактором при выборе источника энергии странами, предприятиями и потребителями. С экономической точки зрения в настоящее время ядерное топливо занимает приблизительно равное положение с углем и в некоторых случаях с газом. Однако строительство АЭС требует более значительных первоначальных капиталовложений, что является препятствием для стесненных в средствах развивающихся стран. Поскольку ядерная технология сравнительно молода, у нее существуют перспективы совершенствования, стандартизации, создания модульных конструкций, обеспечения более полного выгорания ядерного топлива, упрощения — т. е. факторы, ведущие к повышению эффективности и снижению затрат. Кроме того, относительные цены на топливо со временем, скорее всего, изменятся. Выработка энергии на ядерных установках не может не оставаться заманчивым предметом выбора, особенно для стран, не обладающих собственными топливными ресурсами.

**Безопасность.** Выдвигаемые против ядерной энергетики возражения, основывающиеся на якобы недостаточной безопасности, могут быть опровергнуты на примере положительного опыта. Никакие мировые катастрофы не получили такой широкой огласки, как аварии на Тримайл-Айленд и в Чернобыле. Они затмили тот факт, что во всем мире установки к настоящему времени проработали без сколько-нибудь серьезных новых аварий уже 7700 реакторо-лет. Национальные регулирующие органы, Всемирная ассоциация организаций, эксплуатирующих АЭС, и МАГАТЭ делают этот многолетний опыт всеобщим достоянием и предметом изучения. Авария на Тримайл-Айленд в 1979 г., хотя и сопровождалась очень небольшой утечкой радиоактивных веществ в окружающую среду, привела к значительному ужесточению норм безопасности, что способствовало повышению радиационной безопасности во всех некоммунистических странах мира. Аналогичным образом, следствием происшедшей 10 лет назад чернобыльской катастрофы явились пересмотр прежних и принятие дополнительных мер обеспечения безопасности на ядерных предприятиях в России и в Восточной Европе. Таким образом, две крупные аварии на АЭС, повлекшие за собой такое противодействие использованию ядерной энергии, в то же время вызвали к жизни целенаправленные и широкомасштабные действия по обеспечению безопасности. Это стало одной из главных международных задач, и Агентство превратилось в центральный орган, объединяющий государства в стремлении утвердить важные элементы того, что теперь называют «международной культурой ядерной безопасности». Результатами этих усилий стали повышение производительности АЭС во всем мире, снижение доз облучения обслуживающего

персонала и сокращение числа незапланированных остановок реакторов. Новые типы современных реакторов — некоторые из них уже появились на мировом рынке — имеют еще более усовершенствованные средства защиты и, как можно предполагать, еще более высокие характеристики надежности и безопасности по сравнению с типами реакторов, которые преобладают в настоящее время.

**Энергетическая безопасность.** Энергетическая независимость — важный фактор: далеко не все страны изобилуют энергетическими ресурсами — углеводородным топливом или энергией падающей воды. Во Франции, Японии, Республике Корея, Швеции и Финляндии, где отсутствуют месторождения нефти и газа, соображения самообеспеченности и безопасности (в случае мировых кризисов), которые им гарантирует ядерная энергетика, были и остаются преобладающими.

**Охрана окружающей среды.** Еще один веский довод в пользу возрождения ядерной энергетики — это окружающая среда, которой ядерная энергетика наносит наименьший ущерб и почти не дает выбросов в атмосферу по сравнению с другими видами энергопроизводства. Действительно, ведь именно колоссальные объемы сжигаемых горючих ископаемых — а не ядерные энергетические установки — привели к выпадению кислотных дождей, гибели лесов и поставили нас перед угрозой глобального изменения климата. Ядерная энергия не производит переносимых с ветром атмосферных выбросов, а, наоборот, помогает бороться с загрязнением воздуха в планетарных масштабах. В самом деле, если существующие в мире 437 энергетических реакторов заменить равными по мощности углесжигающими электростанциями, то в атмосферу Земли ежегодно будут поступать порядка 2600 млн. т  $\text{CO}_2$  и миллионы тонн сопутствующих окислов серы и азота.

Уменьшение последствий возможного изменения климата планеты стало одной из основных задач продвижения к устойчивому развитию. Широко обсуждается необходимость снижения выбросов  $\text{CO}_2$  в атмосферу, хотя среди ученых отсутствует убежденность или единодушие в том, что в течение ближайших 50 лет в результате выбросов  $\text{CO}_2$  от сжигания горючих ископаемых — нефти, газа, угля — действительно произойдет необратимое глобальное потепление. Наступление глобального потепления продолжает оставаться под вопросом, и эта неуверенность позволяет многим наблюдателям выступать в защиту курса, суть которого можно выразить словами: «не жалеем». Под этим подразумевается выбор такого курса энергетической политики, о проведении которого впоследствии не пришлось бы пожалеть, даже если бы опасения по поводу глобального потепления оказались необоснованными. Выбор в пользу АЭС отвечает этим условиям, поскольку они не способствуют потеплению климата и по своей конкурентоспособности ненамного уступают станциям, работающим на ископаемом топливе.

Последнего нельзя сказать о солнечной и ветровой энергии, а также энергии биомассы, ресурсы которых можно отнести к категории возобновляемых и экономическая конкурентоспособность

### Сравнение энергоисточников: программа “Десятилетия”

Действуя совместно с другими международными, региональными и национальными организациями, МАГАТЭ осуществляет программу сотрудничества с целью оказания содействия разработчикам энергетических планов в оценке разных способов производства электроэнергии.

Известная под названием “Десятилетия” программа содержит набор средств для сравнительной оценки источников производства электроэнергии по всей энергетической цепочке. Она включает базы данных, содержащие сведения о медицинских, экономических и экологических аспектах проблемы для обеспечения сравнительных оценок; комплексные пакеты программного обеспечения для планирования и анализа работы энергосистем; а также предусматривает подготовку кадров и оказание вспомогательных услуг. В осуществлении совместной программы наряду с МАГАТЭ участвуют восемь международных организаций: Европейский союз, Экономическая и социальная комиссия для Азии и Тихого океана, Агентство по ядерной энергии Организации экономического сотрудничества и развития, Международный институт прикладного системного анализа, Организация стран — экспортеров нефти, Организация Объединенных Наций по промышленному развитию, Всемирная организация здравоохранения и Всемирный банк. За ходом выполнения программы наблюдает Объединенный руководящий комитет, в состав которого входят представители всех девяти организаций-участниц. Координирует работу Секция планирования и экономических исследований МАГАТЭ в Вене.

которых в крупных масштабах в обозримом будущем не просматривается. По прогнозам специалистов, в течение последующих десятилетий роль таких электростанций в энергетике останется крайне незначительной, хотя их развитие будет наверняка должным образом поддерживаться и поощряться. Крупные достижения отмечены в повышении эффективности как производства, так и использования энергии, что является крайне важным для сдерживания роста спроса. Однако, хотя мы более эффективно производим и потребляем энергию, общий спрос на нее тем не менее продолжает возрастать в общемировом масштабе. Последнее отнюдь не означает, что только ядерная энергия способна предотвратить угрозу глобального потепления. Здесь есть много разных подходов, которые надо выбирать по обстоятельствам, включая использование возобновляемых источников энергии и ее экономии. Но ядерная энергетика, несомненно, может стать жизнеспособным и весьма перспективным компонентом устойчивого развития в контексте соответствующей политики, которую предстоит выработать.

**Проблема радиоактивных отходов.** В области ядерной энергетики особое беспокойство, как правило, вызывают высокотоксичное и радиоактивное отработавшее топливо и отходы силовых установок. Но помимо токсичности и радиоактивности основной особенностью отходов является их небольшой объем, что облегчает решение проблемы. Это резко отличается от ситуации с отходами электростанций на ископаемом топливе, выбросы которых в огромных объемах поступают прямо в окружающую среду. Если проблемы безопасного хранения долгоживущих ядерных отходов рассматривать в этом контексте, то картина сравнения становится более четкой. Проблему радиоактивных отходов благодаря ограниченности их объемов с технической и экономической точек зре-

ния решить легче: их можно захоронить в земной коре, т. е. поместить туда, откуда и был ранее добыт уран. Не все, однако, разделяют эту веру в “высокотехнологичные” решения. Программы захоронения радиоактивных отходов в каждой крупной ядерной державе встречают противодействие, девиз которого — “где угодно, только не у нас”. Кстати, то же происходит и при выборе мест для сооружения почти каждого промышленного или энергетического предприятия, хотя их размещение играет важную роль в обеспечении устойчивого развития. Блокирование захоронения радиоактивных отходов неконструктивно: оно не приведет ни к их исчезновению, ни к прекращению их производства; такие препятствия лишь продлевают срок их непосредственного воздействия на окружающую среду.

Сравнительные оценки ряда показателей ядерной энергетики и других видов производства электричества позволяют высветить некоторые интересные вопросы, связанные с производством и удалением отходов. Рассмотрим, в частности, пример страны, решившей соорудить две угольные электростанции взамен одной АЭС при той же общей мощности. АЭС потребляла бы около 30 т малообогатенного урана *в год*, тогда как одна работающая на угле электростанция будет потреблять около пяти железнодорожных составов угля *в день*. Ограниченное количество радиоактивных отходов урана может быть изолировано полностью, а электростанция на угле произведет огромное количество CO<sub>2</sub> и зол, содержащих тяжелые металлы, которые остаются токсичными вечно. Местом “захоронения” всех отходов от сжигания угля — как и другого ископаемого топлива — станут атмосфера и подстилающая поверхность Земли.

### Выработка устойчивых решений

Решение международной задачи — достижение устойчивого развития — требует координированных действий всего человечества и использования всех доступных научных и технических средств. В самых различных областях ядерная энергия и многообразие ее применения убедительно доказали, что они являются важными составляющими в деле достижения устойчивого решения практических проблем, затрагивающих наше социальное, экономическое и экологическое развитие.

Для принятия правильных и дальновидных решений на месяцы и годы вперед правительствам потребуются полученные из реального опыта объективные данные и факты, на основании которых они смогли бы проанализировать альтернативные варианты, определить приоритеты и мобилизовать требуемые ресурсы. В рамках системы предоставления услуг и осуществления проектов МАГАТЭ будет оказывать содействие странам в их усилиях по созидательному и безопасному применению ядерных и радиационных технологий в тех сферах, где они принесут максимальную пользу, а также поможет в планировании развития энергетической базы. □