

# Регион повышенной радиационной опасности

Окончание. Начало в № 2 (16), апрель 2005 г.

Я убежден, что ядерная энергетика необходима человечеству и должна развиваться, но только в условиях практически полной безопасности.

Академик А.Д. Сахаров



**М.Н. Тихонов**  
ФГУП НИИ  
промышленной и  
морской медицины  
Минздрава России,  
e-mail:  
niipmm@mail.axon.ru



**О.Э. Муратов**  
ООО «ТВЭЛЛ»,  
e-mail: oleg@twell.ru

## Природные факторы радиационного риска

Природный радиационный фон (ПРФ) обусловлен космическими излучениями и излучением естественных радионуклидов – ЕРН (в основном <sup>40</sup>K и радиоактивные ряды <sup>238</sup>U и <sup>232</sup>Th). Природные ИИИ создают около 70% суммарной дозы, получаемой человеком от всех ИИИ. Материалов, не содержащих радионуклидов, в природе не существует. На рис. 8 показано распределение радиационных доз естественного гамма-излучения, а на рис. 9 и 10 – содержания калия и тория на территории СЗР.

В регионе имеются районы с повышенной опасностью ионизирующего облучения. К ним относятся: полоса Балтийско-Ладожского глинта (с выходом на поверхность диктионемовых сланцев), Медвежьегорский район Карелии (на большинстве обследованных рудников и шахт Карелии выявлены высокие значения эквивалентной равновесной объемной активности радона – до 2500 Бк/м<sup>3</sup>).

Повышенными значениями характеризуются участки площади с выходами на поверхность коренных пород. Превышения МЭД ГИ – более 40 мкР/ч наблюдаются в нескольких местах региона:

- В районе Хибинских и Ловозерских гор, где имеются выходы урановых и ториевых минералов, залежи бадделита, лопарита, перроскита. Уровни радиации достигают максимальных значений – 40 мкР/час.

- На севере и западе Карельского перешейка, где имеет место выход на поверхность гранитов Балтийского щита, содержащих повышенные концентрации урана, тория и калия.

- В южной части Ленинградской, северной части Новгородской и Псковской областей повышение МЭД ГИ обусловлено выходом на поверхность диктионемовых сланцев в полосе от Иван-города до реки Сясь.

- В Бокситогорском районе Ленинградской области повышение радиационного фона обусловлено выходом горизонта бокситоносных песчаников и глинистых бокситов в северо-восточном направлении примерно на 180 км.

В регионе встречается значительное количество проявлений урановой минерализации, рудопроявлений и несколько месторождений ЕРН (рис. 11). По-

следние, как правило, связаны с зонами структурно-стратиграфического несогласия.

К разведанным месторождениям урана относятся (рис. 12):

- Ратницкое месторождение расположено в наиболее густонаселенном районе – в пригороде Санкт-Петербурга. Месторождение залегает на больших глубинах и на поверхности никак не проявлено. Рудное поле представлено отдельными небольшими месторождениями в кальциево-магнезиальных вендских отложениях с содержанием урана от 0,03 до 1,5%. Суммарные разведанные запасы – менее 5 тыс. т (здесь и далее запасы по U<sub>3</sub>O<sub>8</sub>).

- Месторождение Карху (восточный берег Ладожского озера – Пашско-Ладожский рифейский прогиб). В пределах рудного поля выделено и околонурировано 5 небольших рудных залежей с содержанием урана от 0,03 до 0,5% (максимальное – 7,8%). Суммарные разведанные запасы – от 5 тыс. т до 20 тыс. т. Лехтинская (6 тыс. км<sup>2</sup>) и Куолярвинская (760 км<sup>2</sup>) площади в результате многолетних прогнозно-поисковых работ ГП «Невскгеология», ВСЕГЕИ и ВИРГ «Рудгеофизика» выделены в качестве рудоперспективных районов Карелии для поиска месторождений урана. В ходе прогнозно-поисковых работ на уран, проведенных ГП «Невскгеология» с 1964 по 1985 гг., отобрано большое количество литогеохимических проб из коренных обнажений и горных выработок с целью выделения рудоперспективных площадей.

- Другая группа месторождений (Средняя Падма, Верхняя Падма, Царевское и Весеннее) располагается в пределах Онежской впадины, представляющей собой протоплатформенную депрессионную структуру. Содержание урана от 0,1 до 0,25% (максимально до 10–15%). По каждому месторождению разведанные запасы – менее 5 тыс. т.

- Кроме этого, на восточной части Русской платформы встречается месторождение битумно-уранового типа в зонах восстановления терригенно-карбонатных толщ (месторождение Баддель). Суммарные разведанные запасы – от 5 тыс. т до 20 тыс. т.

Ни одно из месторождений в настоящее время не разрабатывается. Проводятся интенсивные прогнозно-поисковые работы в Карелии.

Помимо месторождений, наблюдаются несколько типов горных пород, имеющих повышенные содержа-

Проект Класс НАТО	Построено	Количество Тип ЯЭУ	Тепловая мощность ЯЭУ, МВт Уровень обогащения, %	Всего ЯЭУ в классе АПЛ	АПЛ в боевом составе ВМФ	ЯЭУ в эксплуатации ИИИ
1. Первое поколение 627 А (Ноябрь) 658 (Отель) 659 (Эхо-1) 675 (Эхо-2)	13 8 5 29	2/ВВЭР, ВМ-А 2/ВВЭР, ВМ-А 2/ВВЭР, ВМ-А 2/ВВЭР, ВМ-А	70/21 70/21 70/21 70/21	26 16 10 58	0 0 0 0	0 0 0 0
2. Второе поколение 667 А (Янки)	34	2/ВВЭР, ОК-700, ВМ-4	90/21	68	0	0
667 Б-БДРМ (Дельта 1-4) 670 А (Чарли 1), 670 (Чарли 2) 671/РТ/РТМ (Виктор 1-3)	43 17 48	2/ВВЭР, ОК-700, ВМ-4-2 1/ВВЭР, ОК-350, ВМ-4 2/ВВЭР, ОК-300, ВМ-4	90/21 90/21, 75/21 75/21	86 17 96	18 0 18	36 0 36
3. Третье поколение 941 (Тайфун) 949 А (Оскар 1-2) 945 (Сиерра) 971 (Акула)	6 12 4 12	2/ВВЭР, ОК-650, ВВ 2/ВВЭР, ОК-6506 1/ВВЭР, ОК-650 1/ВВЭР, ОК-6506	190/21-45 190/21-45 190/21-45 190/21-45	12 24 4 12	6 8 4 5	12 16 4 5
4. Опытные АПЛ 661 (Папа) 685 (Майк)	1 1	2/ВВЭР, ОК-6506-3 1/ВВЭР, ВМ-5м	190/21-45 177/Неизвестно	2 1	0 0	0 0
5. ЖМТ 645 (Ноябрь) 705 (Альфа)	1 7	2/ЖМТ, ВТ-1 1/ЖМТ, ОК-550, МБ40А	73/90 155/90	2 7	0 1	0 1
6. Сверхмалые АПЛ 10831 1851 (Экс-рей) 1910 (Юниформ)	1 1 3	1/ВВЭР 1/ВВЭР 1/ВВЭР	10/Неизвестно	1 1 3	1 1 3	1 1 3
Надводные корабли 1144 (Киров) 1941 (Урал)	4 1	2/ВВЭР, ОК-900, КН-3 2/ВВЭР, ОК-900, КН-3, ВМ-16	300/Неизвестно 171/55-90	8 2	2 (3) 0	4(6) 0
<b>Всего</b>	<b>247</b>			<b>456</b>	<b>67</b>	<b>119</b>

Табл. 3. Атомный подводный флот России (по состоянию на 1995 г.)

ния ЕРН. Наибольшие запасы урана содержатся в диктионемовых сланцах нижнего ордовика паккерторского горизонта. Содержание урана в черных сланцах составляет 0,005–0,012%, достигая в отдельных местах 0,03%. Чуть меньшими содержаниями характеризуются отложения Рогачевской свиты (Новая Земля), породы которой претерпели меньшую степень метаморфизма, чем черные диктеонемовые сланцы.

Внешнее облучение населения на территории Санкт-Петербурга (с учетом космического излучения) обуславливает дозу, получаемую населением, на уровне 0,6–1,0 мЗв/год. Большая часть территории города находится вне радоноопасных зон. Средняя эквивалентная равновесная объемная активность радона в жилых и общественных зданиях Санкт-Петербурга составляет 58,0 Бк/м<sup>3</sup>.

Опасность, связанную с ПРФ, можно оценить исходя из того, что по современным представлениям доза 1 мЗв увеличивает риск заболевания с фатальным исходом на  $6,3 \cdot 10^{-5}$ . Согласно оценкам научного комитета ООН по действию атомной радиации (НЦДАР), в настоящее время эффективная эквивалентная доза за год от естественных ИИИ составляет около 2,4 мЗв на человека. Доза 2,4 мЗв/год увеличи-

вает риск на  $1,4 \cdot 10^{-4}$  в год или на 0,01 за 70 лет. Это означает, что в среднем один из ста человек преждевременно умирает от рака и тяжелых наследуемых эффектов, вызванных ПРФ.

## Радоновая проблема

Большее половины «природной» дозы в облучении населения вносят радон и продукты его распада в воздухе помещений. По данным комиссии ООН, около 20% всех раков легкого обусловлено радоном и его дочерними продуктами распада.

Площади с наибольшей вероятностью радоноопасности пространственно привязаны к гранитам Выборгского массива и Кольского полуострова, приглитовой части горизонта диктионемовых сланцев с повышенными содержаниями природного урана и выходов бокситов Ленинградской, Псковской и Новгородской областей (рис. 12, 13).

Специалисты Госсанэпиднадзора установили, что около трети населения Новгородской области проживает на разломах и ежедневно получает повышенную дозу радиации. Общая площадь разломов земной коры, где на глубине от нескольких десятков до нескольких сотен метров залегают урансодержащие породы, на территории области составляет около 25

Объект	Страна	Характер объекта, количество
Risti	Дания	Исследовательский реактор
Ringshal Barsenbek Oskarsham Forsmark Studsvik	Швеция	АЭС – 3 PWR, 1 BWR АЭС – 2 BWR АЭС – 3 BWR АЭС – 3 BWR Исследовательский реактор
Brunsbüttel Krummel Brokdorf Stade	Германия	АЭС – 1 PWR АЭС – 1 PWR АЭС – 1 BWR АЭС – 1 BWR
Olkiluoto Lovisa	Финляндия	АЭС – 2 BWR АЭС – 2 ВВЭР
Ignalina	Литва	АЭС – 2 РБМК
Сосновый Бор	Россия	АЭС – 4 РБМК

Табл. 2. Ядерные объекты, расположенные в дренажном бассейне Балтийского моря. (Кроме действующих, находятся и выведенные из эксплуатации АЭС Грайфсвальд с 2 реакторами ВВЭР и Норд с 4 реакторами ВВЭР на территории бывшей ГДР, исследовательский реактор Саласпилс в Латвии и 2 реактора в Палдиски (Эстония))

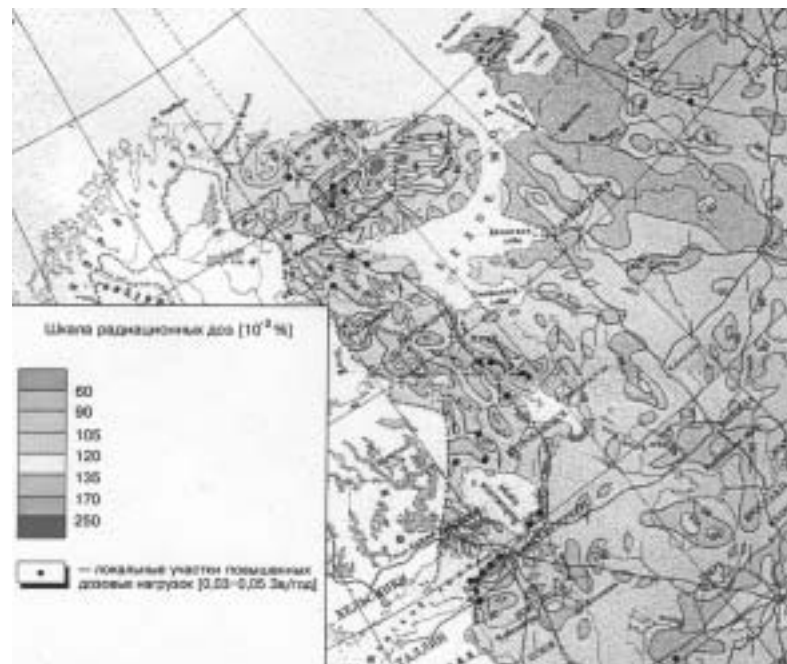


Рис. 8. Карта радиационных доз естественного гамма-излучения на территории Северо-Запада России

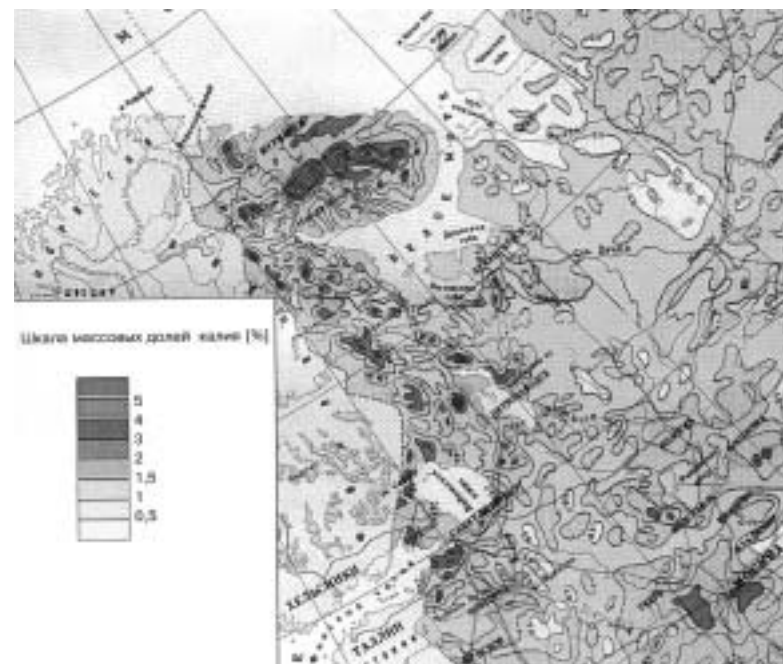


Рис. 9. Карта распределения калия по территории Северо-Запада России

Наименование	Год ввода в состав ВМФ
Адмирал Ушаков	1980
Адмирал Лазарев	1984
Адмирал Нахимов	1988
Петр Великий	1996

Табл. 4. Ракетные крейсера с ЯЭУ

Наименование	Тип ЯЭУ	ГЭУ, тыс. л. с.	Год ввода в эксплуатацию
Ленин	ОК-150	44	3 декабря 1959 г.
	ОК-900	44	сентябрь 1970 г.
Арктика	ОК-900А	75	25 апреля 1975 г.
Сибирь	ОК-900А	75	28 декабря 1977 г.
Россия	ОК-900А	75	21 декабря 1985 г.
Советский Союз	ОК-900А	75	29 декабря 1989 г.
Ямал	ОК-900А	75	28 октября 1992 г.
50 лет Победы	ОК-900А	75	
Таймыр	КЛТ-40	50	30 июня 1989 г.
Вайгач	КЛТ-40	50	25 июля 1990 г.
Севморпуть	КЛТ-40	50	30 декабря 1988 г.

Табл. 5. Атомный ледокольный флот России

тыс. км<sup>2</sup>. В Боровичском, Любытинском и Старорусском районах сотрудники поисково-съёмочной экспедиции «Севзапгеология» выявили две ярко выраженные аномальные зоны. Жители этих районов в течение всей жизни получают повышенные дозы радиации благодаря радону, который постоянно выделяется из разломов земной коры. Не исключается связь между постоянным облучением и высокой заболеваемостью новгородцев различными онкологическими заболеваниями, по уровню которой область занимает по статистике второе место в России.

Проблема радона весьма актуальна для Ленинградской области, ибо дозовые нагрузки населения от радона существенно превышают дозовые нагрузки от всех остальных ИИИ вместе взятых, включая и воздействие Чернобыльского следа.

Выполненными исследованиями «Севзапгеология» установлено, что Ленинградская область относится к числу наиболее радоноопасных областей России. В ее пределах выявлено 20 радоноопасных объектов размерами от 100 до 3275 км<sup>2</sup>, общей площадью 18825 км<sup>2</sup>, что составляет 25,8% от площади суши Ленинградской области.

В составе Ордовикской радоноопасной территории (2750 км<sup>2</sup>) выделяется полоса Ордовикского глинта (788 км<sup>2</sup> – 1,08%), относящаяся к катастрофическому уровню радонового риска или территории природного экологического бедствия, так как в ее пределах прогнозируется наличие помещений с эффективной равновесной активностью (ЭРОА) радона свыше 400 Бк/м<sup>3</sup> (рис. 14).

В южных районах Санкт-Петербурга выходят на поверхность или располагаются в непосредственной близости от земной поверхности диктионемовые сланцы – горные породы с содержанием урана выше фонового в 10–100 раз. Этот геологический комплекс определяет повышенную степень радоноопасности территории Красносельского и Пушкинского районов (рис. 14).

В весенне-летний (март–июнь) период 1997 г. НИИ ПММ было обследовано 99 детских садов и школ в районах Ленинградской области. Повышенные уровни объемной активности радона (ОАР) зарегистрированы в 63% обследованных детских учреждениях при средней эффективной индивидуальной дозе 10 мЗв/год. Наиболее высокие уровни ОАР обнаружены в городах Выборг и Бокситогорск. Анализ результатов измерений поступления радона в различные помещения показал, что налицо два основных источника радона: почва под зданием и используемая подземная вода (обогащенная радием) в городах Гатчина и Волхов.

В Республике Карелия на содержание радона-222 исследовалась вода 8 подземных источников централизованного и 43 подземных источников нецентрализованного питьевого водоснабжения. В воде 5 подземных источников централизованного питьевого водоснабжения обнаружено содержание радона выше уровня вмешательства (60 Бк/кг). В воде 21 подземного источника нецентрализованного питьевого водоснабжения обнаружено содержание радона выше уровня вмешательства для источников нецентрализованного питьевого водоснабжения (62,6–1618,1 Бк/кг).

**Техногенные радиоактивные загрязнения**

На территории СЗР техногенные РЗ ОС в основном обусловлены действием следующих антропогенных факторов: использование строительного сырья горных пород с повышенным содержанием радионуклидов; сжигание органического топлива; перераспределение урана и продуктов его распада из диктионемовых сланцев в ходе деятельности производственных предприятий; загрязнение продуктами распада радия искусственных водных коммуникаций при использовании вод из гдовского водоносного горизонта; транзит радиационно-опасных грузов.

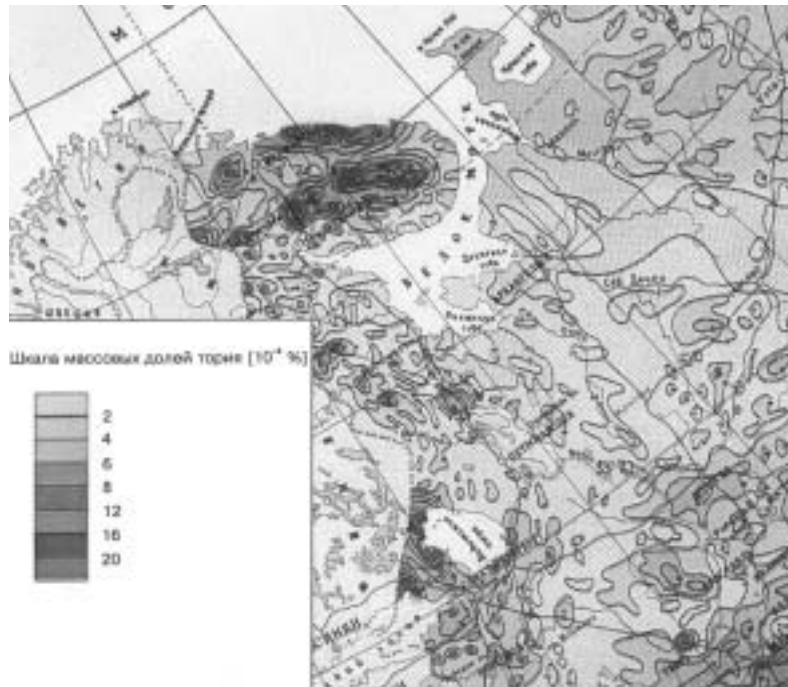


Рис. 10. Карта распределения тория по территории Северо-Запада

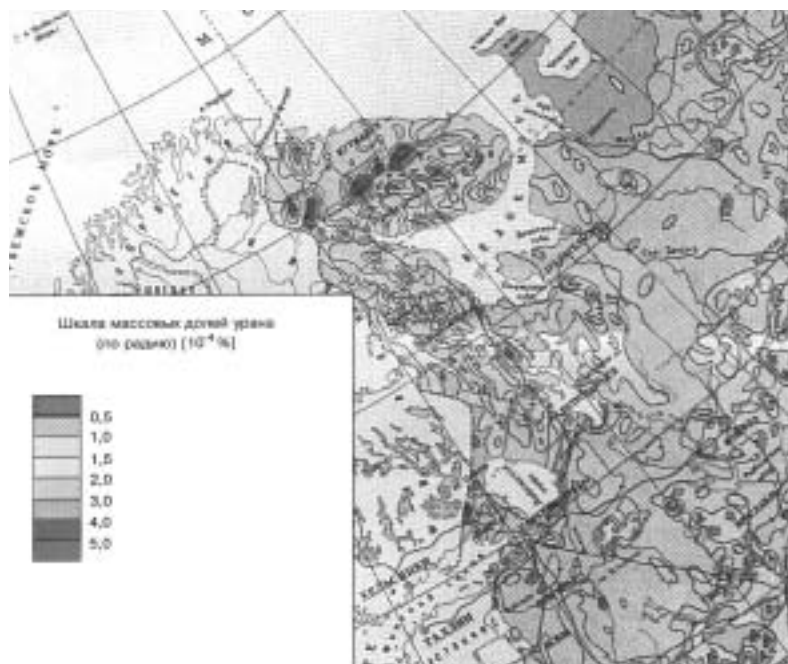


Рис. 12. Карта распределения урана по территории Северо-Запада

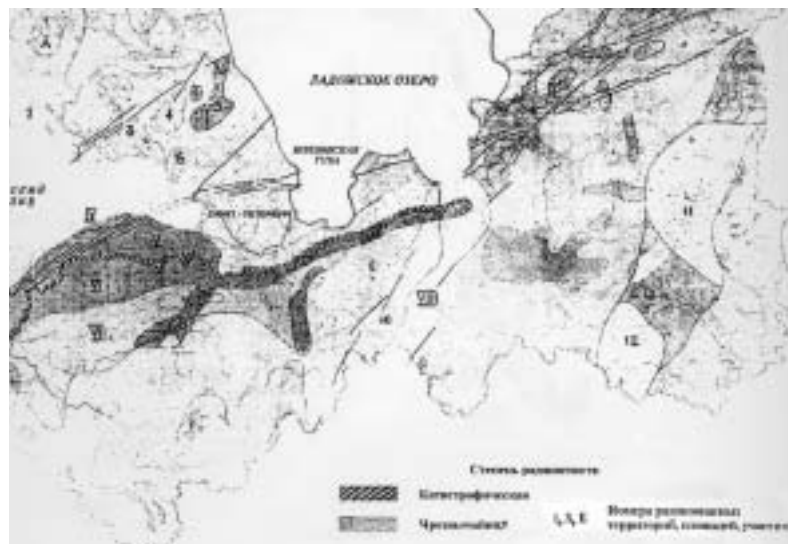


Рис. 14. Радиоопасность Санкт-Петербурга и Ленинградской области

В Мурманской области добычу и переработку естественно-радиоактивного сырья ведут Ловозерский и Ковдорский горнообогатительные комбинаты. В Ленинградской области также расположены предприятия, связанные с добычей бокситов, апатитов и фосфоритов, перерабатывающие минералы, содержащие уран, торий, радий.

Общезвестно, что в строительных материалах содержатся радионуклиды (<sup>40</sup>K, <sup>226</sup>Ra, <sup>232</sup>Th) и в зависимости от их концентрации мощность дозы в помещениях, построенных из этих материалов, колеблется от 4 · 10<sup>-8</sup> до 12 · 10<sup>-8</sup> Гр/ч. В среднем, в кирпичных, каменных и бетонных зданиях мощность дозы в 2–3 раза больше, чем в деревянных домах – (4–5) · 10<sup>-8</sup> Гр/ч. Для сравнения: среднепопуляционная мощность дозы внешнего облучения за счет природных радионуклидов для населения всего земного шара принята равной 4,5 · 10<sup>-8</sup> Гр/ч, а от космогенных радионуклидов – 2 · 10<sup>-10</sup> Гр/ч.

В настоящее время самым мощным источником поступления ЕРН в ОС являются объекты топливно-энергетического цикла (ОТЭЦ) на органическом топливе – угле, сланце, нефти. При сгорании органического топлива с дымовыми выбросами в атмосферу поступают радиоактивные <sup>40</sup>K, <sup>238</sup>U, <sup>226</sup>Ra, <sup>232</sup>Th и про-

дукты их распада. При зольности угля 10% и коэффициенте очистки образующейся золы – 0,975 в год ОТЭЦ выбрасывают в атмосферу по расчету, Гбк: 4,0 – <sup>40</sup>K, 1,5 – <sup>238</sup>U и <sup>226</sup>Ra, 5,0 – <sup>210</sup>Pb и радония-210, 1,5 – <sup>232</sup>Th с продуктами их распада. В действительности, ОТЭЦ дают более высокое значение выбросов ЕРН в ОС. Эффективная эквивалентная доза в результате выбросов угольной ТЭЦ существенно (в 5–40 раз) больше, чем АЭС равной мощности, даже если принять коэффициент очистки выбросов зоны ТЭЦ равным 0,975.

Повышенная радиоактивная опасность сохраняется в поселке Водный (Республика Коми) в пределах бывшего радиового завода. Несмотря на то, что значительная часть РЗ локализована и дезактивирована за прошедшие 40 лет, здесь имеются участки, где нельзя находиться людям.

Очень острая экологическая ситуация сложилась на Кольском полуострове (Ловозерский и Ковдорский горно-обогатительные комбинаты), где высокая концентрация промышленности (горные разработки, цветная металлургия, машиностроение) приводит к быстро прогрессирующему ухудшению качества среды и негативно воздействию на здоровье населения, поскольку содержание РВ в руде, полупродуктах

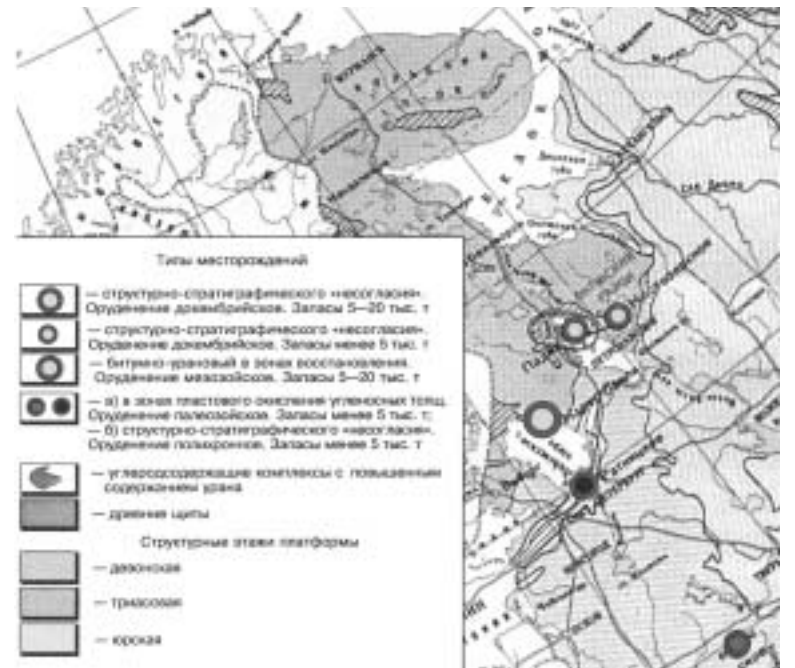


Рис. 11. Схема расположения рудотроивлений и месторождений урана, распространения горных пород с повышенным содержанием урана



Рис. 13. Схема прогнозной радиоопасности Северо-Западного региона



Рис. 15. Радионуклидное загрязнение территории Ленинградской области в результате аварии на ЧАЭС

и готовой продукции находится вблизи нижней границы интервала активностей, требующих специальной организации работ.

**Транспортирование радиоактивных материалов**

Основные составляющие грузопотока санкционированного транспортирования радиационно-опасных материалов (РМ) определяются потребностями ядерно-опасных объектов (энергетическими и исследовательскими реакторами, стендами и т.п.), а также выполнением международных договоров с транзитом через порты Финского залива и арктических морей экспортных и импортных грузов – уранового сырья. Осуществляются автомобильные перевозки РВ. Территория Калининградской области используется для транзита РВ, РАО и ИИИ в зарубежные страны, нередко сокрытых для таможенного и санитарного контроля другими видами материалов и товаров. Часть потока РМ в Санкт-Петербург идет через аэропорт Пулково.

В город поступают строительные материалы с повышенной радиоактивностью не только из Ленинградской области, но и из других регионов. Так, например, органами ГСЭН совместно с Региональным

Класс (тип)	Годы постройки	Водоизмещение, т	Размерения, м			Назначение	Хранилища ОЯТ	Цистерны ЖРО		Примечание
			L	B	H			Кол-во	Емкость, м³	
ПТБ «Имандра»	1981	9500	130	17	Перезарядка ЯР АПЛ, хранение ОЯТ, ТРО и ЖРО	6 по 51 чехлу	12	545	В эксплуатации	
ПТБ «Лота»	1961		122	16	Хранение ОЯТ, загрузка ОЯТ в контейнеры	12 по 68 ОТВС			Переоборудована в 1984 г. В эксплуатации	
ПТБ «Лепсе»	1936	5000	87	17	Хранение ОЯТ, ТРО и ЖРО	2 по 366 ОТВС	1	46,5	В ММП с 1962 г., ОЯТ в аварийном состоянии	
П/х «Володарский»	1929	5500	96	16	Транспортировка ТРО	—	—	—	Переоборудован в 1969 г.	
Спецтанкер «Серебрянка»		4000	102	12	Хранение, переработка и транспортировка ЖРО	—	8	851	Переоборудован в 1975 г.	
Танкер «Осетия»	1963				Хранение и транспортировка ЖРО	—	9	1033	Снят с эксплуатации, в отстое в Северодвинске	
ПТБ «Северка»					Хранение ОЯТ и ЖРО	—			На борту контейнеры с ОЯТ	
Класс «Ural» (Jape's F.S.-89/90)	1967	2600	90	12	4,5 По данным Jape's F.S.-89/90 – спецтанкер ЖРО	—			Построен во Вддвостокте	
ПТБ пр. 2020 («Малина»), построено 3	1984–1989	10000	137	21	14,3 Перезарядка ЯР атомных надводных кораблей и АПЛ, хранение ОЯТ	4 по 51 чехлу		450	ПМ-12, ПМ-63 (обе – СФ), ПМ-74 (ТОФ)	
ПТБ пр. 326 построено 8, из них 6 переоборудованы по пр. 326М	1962–1964	3335	88	13,4	3,71 Хранение ОЯТ	2 по 409 ОТВС	7	330	ПМ-32, ПМ-80. Обе на ТОФ	
ПТБ пр. 326М всего 6 единиц, переоборудованы из ПТБ по пр. 326М	1964–1966	3335	88	13,4	3,71 Перезарядка ЯР АПЛ, хранение ОЯТ	2 по 41 чехлу	7	330	ПМ-50, ПМ-78, ПМ-124, ПМ-128 – все на СФ, ПМ-125, ПМ-133 (обе на ТОФ и переведены в класс ТНТ)	
Спецтанкер проекта 11510 («Капуста»), построено 2	1984–1987	6000	130,3	17,4	7,0 Переработка и транспортировка ЖРО	—			«Амур» – СФ, «Пинега» – ТОФ	
ТНТ пр. 1783 (класс «Зая»), по данным «Jape's F.S.-89/90» построено 7	1964–1971	775 (пор) 1933 (п)	72,5	11,5	5,0 Технический наливной танкер, транспортировка ЖРО	—	9	973	ТНТ-5, ТНТ-8 (списан), ТНТ-12, ТНТ-11 и ТНТ-15 (оба затоплены в Карском море), ТНТ-42 (БМТН-42)	
ТНТ пр. 1783А (Вала), построено 6		1103(-пор) 2350(п)	74,5	11,5	5,4	—	9	906	ТНТ-17, ТНТ-19, ТНТ-23, ТНТ-25, ТНТ-27, ТНТ-29	
Плавучая емкость пр. ПЕК-50, построено >50	1964–1992	132	25,35	4,2	Плавучая емкость для хранения ЖРО	—	6	50	Дислоцируются: > 27 – на СФ, 3 – на ТОФ	

Табл. 6. Суда атомно-технологического обслуживания

Место	Глубина, м	Контейнеры	Судно/ Крупные объекты	Реакторы		Активность		
				Объем, м³	с топливом	ТБк	кКи	
Карское море	300–350	3174+	8+	9+	16134+	1	297000+	803+
Залив Седова	80–150	1108+	—	104+	343+		116+	3,1+
Залив Ога	80–150	472+	1	4+	3028+		75	2,0
Залив Цивольки	50–180	1600+	2	6	3360	3	5650	153
Залив Степового	40–50	—	—	5	1647	2	7450	201
Залив Абросимова	20–40	8+	4	7+	1917+	3	55000+	1500+
Залив Благополучия	50	—	—	1	331		9	0,2
Залив Течений	30–50	146	1	—	404	2	7470	202
Всего		6508+	16+	136+	30254+	6	106000+	2860+

Табл. 10. Затопление в Карском море и около Новой Земли

Место	Коорд.	Название/Класс	Год	Реакторы	Активность	Глуб.
Залив Абросимова	C71°56'03 B55°18'08	К-3, класс «Ноябрь» «Ленинский комсомол»	1965	Реакт. отсек No285. 1 с топливом 1 без топлива	807.000 Ки	20 м
Залив Абросимова	C71°56'04 B55°18'15	К-19, класс «Отель»	1965	Реакт. отсек No901 2 с топливом	400.000 Ки	20 м
Залив Абросимова	C71°55'22 B55°32'54	К-11 или К-22	1965	Реакт. отсек No. 254 2 с топливом	14.000 Ки	20 м
Залив Абросимова	C71°56'03 B55°18'08	К-11 или К-22	1966	Реакт. отсек No.260 2 без топлива	14.000 Ки	20 м
Залив Степового	C72°31'25 B55°30'25	К-27, класс «Ноябрь»	1981	Реакторный отсек No. 601. 2 с топливом, «жидко-мет.»	200.000 Ки	50 м
Залив Цивольки	C74°46' 4 B58°37' 3	Ледокол «Ленин»	1967	3 без топлива* ОК-150	150 000 Ки	50 м
Залив Течений	C73°59' B66°18'		1988	Реакторный отсек No.538. 2 без топлива	14.000 Ки	35–40 м
Карское море	C72°40' B58°10'	К-140, класс «Янки-II»	1972	Реакторный отсек No.421. 1 с топливом	800 000 Ки	300 м
Всего			1965/1988	7 с топливом 10 без топлива	Минимум 2,3 млн Ки	20/300 м

Табл. 11. Затопленные реакторы

Объект природной среды	Единица измерения	Общая удельная (объемная) активность по бета-излучению	Удельная (объемная) активность радионуклидов			
			Sr-90	Cr-137	Ce-144	Co-60
Морская вода	Бк/л	0,13...0,23	8,8E(-3)	9,4E(-3)	8,6E(-3)	5,5E(-3)
Донные отложения	Бк/кг	260...740	9,99	10,5	7,8	11,1
Питьевая вода	Бк/л	0,04...0,11	6,2E(-3)	1,03E(-2)	6,2E(-3)	6,6E(-3)
Аэрозоли при-земного слоя воздуха	Бк/м³	5E(-5)...2,5E(-3)	1,85E(-5)	3,3E(-5)	1,8E(-5)	6,65E(-5)
Атмосферные выпадения (осадки)	Бк/(км²*год)	2,6E8...3,38E8	1,11E8	1,15E8	7,47E7	12,6E6
Бентосные морские организмы	Бк/кг	37...107,4	2,22	3,7	2,55	0,73
Почва	Бк/кг	370...630	9,99	6,62	3,33	4,44
Наземная растительность	Бк/кг	37...272,6	6,3	4,0	3,56	2,7

Табл. 12. Активность радионуклидов в объектах природной среды в местах размещения атомных объектов Северного флота

Море	Реки	Цезий-137	Стронций-90
Баренцево	Печора, Онега, Северная Двина	20 (550)	200 (5500)
Карское	Обь, Енисей	110 (3000)	1100 (30000)

Табл. 13. Вынос радионуклидов речными водами в Баренцево и Карское моря за период с 1961 по 1989 годы в ТБк (Ки)

Года	РИ им. В.Г. Хлопина (г. Санкт-Петербург)	КНЦ РАН (г. Мурманск)
1960–1965	1,0–0,1 Бк/м³	1,8–0,8 Бк/м³
1965–1970	0,100–0,04 Бк/м³	0,34–0,03 Бк/м³
1970–1975	0,040–0,010 Бк/м³	0,04–0,007 Бк/м³
1975–1980	0,010–0,003 Бк/м³	0,009–0,001 Бк/м³

Табл. 14. Радиационный фон северных морей

геоэкологическим центром зафиксирован случай ввоза с Украины гранитных блоков с удельной активностью ЕРН от 520 до 640 Бк/кг (что ниже норматива 740 Бк/кг для дорожного строительства в городах) для строительства и реконструкции набережных Санкт-Петербурга.

Сложнее обстоит дело с несанкционированным транспортированием РМ. Сплошному контролю подвергаются только грузы, пересекающие таможенные пункты пропуска. На внутренней территории СЗР только случайность может выявить радиоактивный груз. Отсюда – высокая потенциальная опасность для населения СЗР несанкционированных грузоперевозок РМ, обусловленная возможностью транспортных аварий с нарушением целостности упаковок, вплоть до рассыпания и пролива содержимого в ОС. Необхо-

Состояние	Всего	СФ	ТОФ
Выведено из боевого состава ВМФ	193	117	76
Утилизировано	102	67	35
В процессе утилизации	29	18	11
Ожидают начало утилизации	62	32	30
С ОЯТ	68	33	35

Табл. 7. Состояние утилизации АПЛ на 1 июля 2004 г.

Регион	ЖРО		ТРО	
	Объем, м³	Сумм. активность, Ки	Объем, м³	Сумм. активность, Ки
Кольский полуостров	4451,1	69,15	6901,9	1497,6
Район Северодвинска	3639,4	263,15	2091,61	1103,64
Всего	8090,5	332,3	8993,51	2601,24

Табл. 8. Сведения о наличии жидких и твердых РАО в Северо-Западном регионе на 01.01.2001 г.

Год	Название	Место проведения
1971	Глобус-2	У села Ильинское-Подольское
1972		На руднике Кузьмор в Хибинах
1981	Пирит	На Кумжинском месторождении
1984	Кварц-1	У деревни Ручьи
1984	Днепр	На руднике Кузьмор в Хибинах
1988	Рубин-1	Юго-восточнее Котласа

Табл. 9. Промышленные подземные ядерные взрывы в Мурманской и Архангельской обл.

димо обеспечение эффективными средствами мониторинга как внутригосударственного, так и международного транспортирования РМ.

### Захоронение радиоактивных отходов

В регионе захоронения РАО осуществляются на Ленспецкомбинате «Радон» (г. Сосновый Бор), а также имеется несколько площадок, на которых ранее захоронивались радиоактивные отходы. К таким площадкам относятся территории, расположенные в Санкт-Петербурге (район Шкиперского протока), г. Гатчина (ПИЯФ), пос. Кузьмолово, Приветнинское и ряд других. Временное хранение ОЯТ производится в пределах промплощадки Сосновоборской АЭС. Дополнительно на Ленспецкомбинат поступают РАО, выявленные при транзитных перевозках через Санкт-Петербург и Ленинградскую область. Суммарная активность хранящихся РАО на ЛСК составляет около  $2,0 \cdot 10^{16}$  Бк.

Проблема обращения с РАО в СЗР остается трудноразрешимой во многом из-за закрытия Мурманского СК «Радон». Практически не принимается мер по его реконструкции. Условия хранения РАО на комбинате продолжают оставаться потенциально опасными, в результате чего в Мурманской области приостановлено накопление РАО за счет увеличения объема приема их для захоронения пятью организациями, имеющими спецхранилища РАО (Кольская АЭС, ММП, РТП «Атомфлот», СРЗ «Нерпа», ИХТРЕМС КНЦ РАН). Кроме того, к захоронению низкоактивных источников подключен Ленспецкомбинат «Радон» через работающий в Мурманской области ЗАО «Спецавтоматика».

На объектах Калининградской области по-прежнему происходит накопление РАО на предприятиях из-за ее анклавного положения и проблем транспортирования РАО на Ленспецкомбинат «Радон» через территорию соседних государств.

Ленспецкомбинат «Радон» вынужден принимать РАО и от предприятий Архангельской области из-за дороговизны проблемы захоронения отработавших ИИИ на ГМП «Звездочка» и Беломорской военной базы.

В Архангельской области существует проблема ввоза с побережья Арктики выведенных из эксплуатации радиоизотопных термоэлектрогенераторов (РИТЭГ), их временного хранения и захоронения. В настоящее время хранилище РИТЭГов Архангельской гидрографической базы ГТП находится в неудовлетворительном состоянии.

### Зона чернобыльского следа

Западная часть региона оказалась в зоне чернобыльского следа (26.04.1986 г.), что определило резкое повышение концентрации  $^{137}\text{Cs}$ , среднее содержание которого возросло по сравнению с 1985 г. более чем в 12 раз. Вертикальное распределение ИРН для почв зон загрязнения характеризовалось тем, что 80–90% всей активности сосредоточено в верхних слоях почвы (5–10 см). Выпавший радиоцезий оказался достаточно быстро связан с растительностью, что повлияло на его миграцию, как по вертикали, так и по горизонтали. Миграция  $^{137}\text{Cs}$  шла в первое время после выпадения, вследствие чего образовались «пятна» загрязнения в понижениях рельефа, под водостоками.

Установлено, что западная часть Ленинградской области, включающая территории Кингисеппского,

Волосовского и частично Лужского, Ломоносовского и Гатчинского районов, подверглась загрязнению радиоактивными осадками ЧАЭС. Эта зона в виде полосы проходит на расстоянии 100 км от Лужской губы по направлению Кингисепп – Волосово до пос. Берзенево; ее ширина варьирует от 12–15 км в западной ее части до 3–10 км – в восточной части. Общая площадь ореола загрязнения в изолинии свыше  $0,5 \text{ Ки/км}^2$  составила  $4700 \text{ км}^2$ , в пределах которого выделились многочисленные участки с плотностью загрязнения от 1 до  $2,4 \text{ Ки/км}^2$  общей площадью  $560 \text{ км}^2$ . В 44 деревнях плотность загрязнения по  $^{137}\text{Cs}$  превышала  $1 \text{ Ки/км}^2$  (данные комплексного обследования населенных пунктов, проведенного в 1992 г. Областным центром Госсанэпиднадзора, РГЭЦ, НПО «Радиный институт», НИИ ПММ, НИИ ИРГ – рис. 14, 15).

Спустя 10 лет после Чернобыльской аварии активность выпавших радионуклидов уменьшилась примерно на 22% за счет распада. При этом произошло сокращение площадей с плотностью загрязнения  $^{137}\text{Cs}$  более  $1 \text{ Ки/км}^2$  на 30–40%, на треть уменьшилось количество деревень с такой плотностью загрязнения. Если раньше суммарная площадь загрязнения земель с плотностью более  $1 \text{ Ки/км}^2$  по  $^{137}\text{Cs}$  в Ленинградской области составляла  $1200 \text{ км}^2$ , то в настоящий момент эта величина составляет около  $900 \text{ км}^2$ .

### Заключение

Детальный обзор радиологической ситуации приводит к очевидному заключению о масштабности проблемы. В результате анализа и оценки радиационной обстановки в СЗР можно сделать вывод, что этот регион характеризуется повышенным уровнем всех факторов радиационного риска как природных, так и техногенных. В настоящее время отдельные территории СЗР относятся к числу экологически неблагоприятных.

В регионе имеются районы с повышенной радиационной опасностью. К ним относятся: две АЭС (Кольская и Ленинградская), бывший Новоземельский ядерный полигон (в 1957–1990 гг. проведено 132 взрыва: 87 воздушных, 3 подводных, 42 подземных), архипелаг Новая Земля и прилегающая акватория – район сброса и захоронения РАО и вышедших из строя АПЛ – ареал очень острой экологической ситуации и опасности для человека, биологических ресурсов моря и суши в связи с РЗ ОС, участки выпадения радионуклидов после Чернобыльской катастрофы (в Ленинградской, Новгородской области и Карелии), Ловозерский и Ковдорский горнообогатительные комбинаты в Мурманской области.

Кольский полуостров и Архангельская область, где в г. Северодвинске расположен ГРЦАС, – регион наибольшей концентрации ЯЭУ в мире – 270 единиц. Мурманская область занимает первое место в мире по числу ЯЭУ на душу населения и единицу площади. Суммарное количество радиоактивных источников, затопленных в морях, омывающих область с трех сторон, составляет 2/3 от активности всех РАО, захороненных в Мировом океане. Такая ситуация сложилась в эпоху ядерного противостояния двух великих держав и сохранится, по крайней мере, еще несколько десятилетий.

Демографический анализ отражает неблагоприятные формы (болезни органов дыхания, нервной системы, мочеполовой системы, врожденные пороки развития детей). Основными причинами смертности взрослого населения являются болезни органов кровообращения и злокачественные новообразования. Среди работников предприятий атомного судостроения отмечается выраженная тенденция к росту злокачественных новообразований. Особо настораживает рост детской заболеваемости за счет новообразований.

На территории Псковской и Калининградской областей и Республики Карелия нет радиационно-опасных объектов. Однако расположенные на территории сопредельных государств АЭС (Игналинская – Литва, Гдыня – Польша и Ловиса – Финляндия) могут создать для них угрозу радиационной опасности.

В целом СЗР можно отнести к региону повышенной радиационной опасности. Исходя из наличия источников ЧС и расчетных показателей возможных потерь населения, на территории региона радиационной опасности подвергаются: в Мурманской области – 300 тыс. жителей (26% населения), в Ленинградской области – 150 тыс. жителей (8% населения). Всего в зонах радиационной опасности в СЗР размещено 450 тыс. жителей (3%). Несмотря на существующий широкий спектр и масштабность радиологических проблем, все они разрешимы. Очерочность решения определяется органами Ростехнадзора и Госсанэпиднадзора в зависимости от степени угрозы здоровью населения и окружающей среде.

# Невский Радиологический

## Этой весной в Санкт-Петербурге во второй раз прошел Невский Радиологический Форум (НРФ 2005)



**В.М. Чермысин**  
Профессор, заведующий отделением лучевой диагностики С.-Петербургской Мариинской больницы, президент президиума С.-Петербургского радиологического общества

Первый форум состоялся в 2003 году. Идея его проведения принадлежит Президиуму Санкт-Петербургского радиологического общества (СПРО), а организатором проведения пришлось выступить мне как президенту СПРО. Организацию нынешнего форума Президиум Санкт-Петербургского радиологического поручил профессору Т.Н. Трофимовой — заведующей кафедрой рентгенологии, проректору по научной и издательской работе СПбМАПО. В организации форума помимо СПРО приняли участие кафедры рентгенологии и радиологии и кафедры лучевой диагностики и лучевой терапии ведущих высших учебных медицинских учреждений Санкт-Петербурга.

Форум открылся докладом президента НРФ-2005 профессора Т.Н. Трофимовой, посвященным пионерам отечественной рентгенологии. Свой доклад «Лучевая диагностика повреждений век XX–XXI» я посвятил 60-летию победы в Великой Отечественной войне. Замечу, что проблема диагностики и лечения травматических повреждений в наше время стала особенно актуальной. Катастрофы, стихийные бедствия, локальные военные конфликты, постоянная угроза террористических актов заставляют искать более эффективные методы и методики лучевого исследования и распознавания повреждений органов и систем, поскольку от этого зависит оказание помощи и результаты лечения пострадавших.

Проведение форума было бы невозможным без поддержки и непосредственного участия Северо-Западного отделения РАМН, Комитета по здравоохранению Правительства Санкт-Петербурга, Санкт-Петербургской медицинской академии послеполитического образования, Центрального научно-исследовательского рентгенорадиологического института, московских научных обществ.

Нынешний форум проходил под девизом «Наука — клинике», что говорит о цели этого научного мероприятия: сделать так, чтобы научные разработки находили быстрое и прямое практическое воплощение.

Отличительной особенностью форума в Санкт-Петербурге является его разнообразная, глубоко структурированная научная программа. Форум осветил целый ряд проблем, которые касаются организации специальности, подготовки и сохранения кадров, конкретных вопросов диагностики заболеваний и повреждений внутренних органов и систем. Для этих целей в период форума работали 6 секций по десяти различным, главным образом, проблемным направлениям лучевой диагностики и лучевой терапии. В рамках форума проведено также 6 тематических симпозиумов, в том числе один из них выездной и 2 круглых стола. Наиболее актуальные вопросы лучевой диагностики и лучевой терапии в течение 4 дней обсуждались на ежедневных пленарных заседаниях. Доклады на пленарных заседаниях сделали ведущие отечественные и зарубежные профессора. По ним сверяли свою работу и направления исследований остальные участники форума.

Анализ заслушанных сообщений свидетельствует о том, что сегодня благодаря техническим достижениям в лучевой диагностике и внедрению цифровых технологий, меняется структура лучевых исследований, а поэтому и стратегия развития специальности. Она, в первую очередь, предусматривает переоснащение большинства лечебных учреждений, реформирование организационно-штатной структуры и существующей системы подготовки специалистов по лучевой диагностике.

Впервые в рамках форума обсуждались давно назревшие этические, экономические и правовые проблемы лучевой диагностики. Не остались без внимания актуальные вопросы функциональной нейрорентгенологической диагностики с использованием современных методов получения диффузно взвешенных магнитно-резонансных и перфузионных компьютерно-томографических изображений. В тематике форума важное место заняла

*Общее количество рентгеновских компьютерных томографов в нашей стране едва превышает 400 аппаратов, а магнитно-резонансных установок только 200, что в 6–7 раз меньше, чем в развитых странах*

проблема XXI века — остеопороз, диагностике и клинической оценке которого также был посвящен симпозиум. Использование современной техники позволяет распознать отклонение в минеральной плотности костной ткани в пределах 3%. К сожалению, такие исследования малодоступны, поскольку в России имеется всего лишь 50 специализированных костных рентгеновских денситометров. Это не позволяет своевременно диагностировать и проводить корректирующую терапию нарушений минерального обмена. Вместе с тем нарушение минерализации и уменьшение в костях кальция ведет к повышенной ломкости костей и увеличению травматизма среди пожилых людей.

Обсуждением получили также новые диагностические технологии в педиатрии, вопросы лучевого исследования в перинатологии.

Проблеме диагностики заболеваний молочной железы также была посвящена отдельная секция. Дело в том, что заболеваемость раком молочной железы за последние 20 лет выросла на 64%. Рак молочной железы сегодня занимает первое место среди злокачественных опухолей у женщин. Намечались основные пути как раннего выявления рака молочной железы с помощью мобильных маммологических комплексов, так и повышения точности диагностики на основе использования УЗИ, МРТ, пункционной биопсии и гистологического исследования.

Форум собрал более тысячи делегатов, из которых 750 человека прошли официальную регистрацию. Среди участников форума было 6 членкорреспондентов и академиков РАМН, 31 профессор, 62 кандидата медицинских наук. Обширна и география участников НРФ. Наряду с российскими участниками из Москвы, Санкт-Петербурга, Новосибирска, Омска, Челябинска, Нижнего Новгорода, Томска, Пскова, Твери, Екатеринбург и многих других городов России, в форуме приняли участие ученые и практические врачи с Украины, Казахстана, Беларуси, Башкортостана, Молдовы. Дальнее зарубежье представляли ученые из Австрии, Франции, Германии, Бельгии, Финляндии.

В технической выставке приняли участие 22 отечественные и зарубежные фирмы, которые представили новинки медицинской радиологической и ультразвуковой техники. Участникам форума были представлены передовые достижения в области разработки и конструирования рентгено-

ских и магнитно-резонансных компьютерных томографов радиодиагностической аппаратуры и ультразвуковой техники. Делегаты имели возможность познакомиться с передовыми достижениями в области разработки и конструирования цифровой рентгенодиагностической аппаратуры. Следует отметить, что оснащение большинства муниципальных медицинских учреждений отстает от современного уровня развития специальности. В таких крупных центрах, как Москва и Санкт-Петербург достаточно широко представлены новые технологии, в том числе рентгеновская и магнитно-резонансная томография, совершенная ультразвуковая техника. Вместе с тем, в регионах их явно недостаточно. Общее количество рентгеновских компьютерных томографов в нашей стране едва превышает 400 аппаратов, а магнитно-резонансных установок только 200, что в 6–7 раз меньше, чем в развитых странах.

К сожалению, на сегодняшний день на 148 миллионов рентгенологических исследований, выполняемых в стране, лишь 2 миллиона осуществляется с использованием цифровой рентгенографии. В регионах плохо знакомы с новинками рентгеновской цифровой техники, практикующие врачи не знают аппаратуру, выпускаемую отечественными производителями. В этом отношении проведение выездного симпозиума, экскурсия по цехам Научно-исследовательской производственной компании «Электрон», знакомство с последними разработками в области цифрового рентгеноаппаратостроения, имело важное значение для делегатов форума. По результатам обсуждения проблем развития цифровой рентгенологии в стране было принято решение подготовить резолюцию Невского Радиологического форума и направить ее в Министерство здравоохранения и социального развития.

Озабоченность у делегатов вызывает состояние радионуклидной диагностики важного метода лучевой диагностики для оценки функционального состояния таких органов, как сердце, головной мозг, некоторые паренхиматозные органы. Слабая техническая оснащенность лечебных учреждений, дороговизна радионуклидов и сравнительно невысокие цены на большинство этих исследований привели к резкому снижению числа этих исследований. Сегодня в общей структуре исследований они составляют чуть больше 1% (1,7 млн на 148 млн всех лучевых исследований). При этом, как оказалось, мало кто знает, что отечественные производители подготовили к производству отечественную гамма-камеру, которая по техническим характеристикам не уступает западным образцам. Много и другой важной для себя информации получили делегаты как на заседаниях секций, так и в кулуарах форума.

*Заболеваемость раком молочной железы за последние 20 лет выросла на 64%. Рак молочной железы сегодня занимает первое место среди злокачественных опухолей у женщин*

ме по цифровой рентгенологии и на секционном заседании, посвященном новой медицинской технике.

Как известно, достоинствами цифровой рентгенографии является низкая лучевая нагрузка, отсутствие мокрого фотопроцесса, возможность анализа и обработки полученного изображения, удобство архивирования информации, ее хранения, воспроизводства, передачи по локальным и глобальным телерадиологическим сетям с целью телеконсультаций и проведения телеконференций. Следует отметить, что это становится повседне-

На мой взгляд, да и на взгляд большинства моих коллег, основные цели форума, прежде всего соединение научных достижений и практического здравоохранения, популяризация технических новинок и новых диагностических технологий лучевой диагностики, были достигнуты. Насыщенная научная программа, проведение обучения на сертификационных курсах, участие в работе выставки, неформальное общение и обширная культурная программа оставили у делегатов форума незабываемые впечатления и желание встречаться регулярно в северной столице.

## Что тормозит ПЭТ-исследования?

В Москве на базе ПЭТ-отделения Медцентра Управления делами Президента РФ при поддержке фирмы «ООО Сименс Медицинский департамент» прошла научная — практическая конференция по применению ПЭТ-диагностики в повседневной клинической практике.

Местом проведения конференции не случайно был выбран Медцентр управделами Президента РФ. Здесь действуют шесть из десяти работающих в России ПЭТ-центров. Напомним, ПЭТ-метод (позитронно-эмиссионная томография) основан на введении в организм человека ультракороткоживущих изотопов. С помощью ПЭТ-метода можно на ранней стадии выявить образование злокачественных опухолей, состояние миокарда, кровообращение, обмен веществ на уровне клеток сердечной мышцы.

Как отмечали участники конференции, сегодня главной проблемой для внедрения ПЭТ-метода в рутинную повседневную практику является отсутствие унифицированных методик и показаний к проведению исследований, а также недостаток опыта у врачей-клиницистов в использовании результатов ПЭТ-исследований.

Затрагивался на конференции и экономический аспект проблемы. Из-за высокой дороговизны ПЭТ-исследования его может позволить себе далеко не каждый больной. В Москве стоимость исследования всего тела стоит примерно тысячу долларов, в Петербурге — в пределах 800 долларов.

# Не убивайте надежду!

Репортаж из ФГУ «Научно-исследовательский детский ортопедический институт им. Г.И. Турнера» Росздрава

Если не знать истории болезни Максима, то его можно принять за вполне здорового ребенка. Он обожает гонять по полю футбольный мяч, благодаря специально изготовленным ортопедическим кроссовкам его походка ничем не отличается от походки ровесников. Но так было не всегда.

Четыре года назад после неудачно проведенной операции в одной из областных больниц, нога мальчика при ходьбе стала подворачиваться. В 2000 году Максим поступил в Научно-исследовательский детский ортопедический институт им. Г.И. Турнера (НИДОИ). Обследование показало: врожденная косолапость не исчезла, болезнь прогрессирует. Мальчика повторно оперировали, операцию проводил Руководитель отделения патологии стопы института, доктор медицинских наук М.П. Конохов. (Это имя мама Максима Ирина Алексеевна Мартышкина произносит с благоговением). Операция прошла успешно. Косолапость была исправлена. Сейчас решается вопрос о проведении второй операции по поводу удлинения ноги.

Сюда, в город Пушкин, приезжают дети со всех уголков нашей страны, а также из стран ближнего и дальнего зарубежья с различными заболеваниями опорно-двигательного аппарата. У одних деформации стоп, у других — тяжелая форма сколиоза, третьи страдают детским церебральным параличом, четвертые — ревматоидным артритом... Количество больных с такими заболеваниями из года в год увеличивается.

НИДОИ им. Г.И. Турнера — единственное в нашей стране детское специализированное научно-исследовательское медицинское учреждение, работающее с юными пациентами. Дети и их родители годами стоят в очереди в местных органах здравоохранения, чтобы попасть на лечение в институт: квота на лечение за счет бюджетных средств весьма ограничена. Но и время порой не терпит! Врачи Научно-исследовательского детского ортопедического института им. Г.И. Турнера как никто другие знают, насколько отзывчивы к лечению детские косточки и насколько «безразлична» к целительным процедурам кость взрослого человека. В институте разработаны и созданы уникальные методики для лечения различной патологии опорно-двигательного аппарата у детей и подростков.

Но удачный исход операции во многом зависит и от результатов предоперационных обследований. В институте им. Г.И. Турнера им придается огромное значение. Прежде чем скальпель хирурга прикоснется к косточке ребенка, ему предстоит пройти не одно обследование. «Мы лежали во многих больницах, — делится впечатлениями Ирина Алексеевна, — но с таким тщательным предоперационным обследованием, как здесь, сталкиваемся впервые». После проведения всех лабораторных исследований Максим предстанет перед научно-хирургическим Советом института, и взрослые дяди и тети будут решать, какой метод лечения нужно подобрать для Максима. Поэтому так важна качественная и многосторонняя диагностика. «Чтобы правильно оперировать больного, хирургу нужно иметь под рукой не только данные рентгена, компьютерной томографии, но и результаты радионуклидного метода исследования. Они позволяют увидеть кинетику (процессы), происходящую в организме больного», — поясняет руководитель лабораторного отдела института, кандидат медицинских наук Артур Нуралиевич Бергалиев. Доктор внимательно рассматривает рентгеновские снимки мальчика, изучает результаты компьютерной томографии. На них отчетливо видна ростковая зона в области коленного сустава. Но по этим снимкам пока нельзя точно определить, насколько она активна, быстро или нет будет расти интересующая хирургов конечность ребенка. Ответ на этот вопрос может дать только радионуклидное исследование. Его проводят с помощью американской твердотельной гамма-камеры «ДИГИРАД».



Доктор Нуралиев (в центре) проводит радионуклидное исследование на гамма-камере «ДИГИРАД». Рядом с ним его неизменные помощники — техник Марина Куликова и инженер Михаил Ольнев

Ее приобрели в институте год назад, и сейчас хирурги института не представляют, как они оперировали без «ДИГИРАДа». Высокая разрешительная способность прибора (до 0,5 см) позволяет хорошо видеть процессы, происходящие в исследуемом участке. Результаты сравнительных исследований, проведенных врачами В.Ю. Суховым и А.Н. Бергалиевым на камере Ангеровского типа и гамма-камере «ДИГИРАД», показали, что маленький детектор твердотельной камеры «ДИГИРАД», имеющий минимальные потери на мертвое пространство, лучше подходит для исследований малых органов (мелких очагов). Так, у пациента Д. через 150 мин после введения РФП при исследовании на Ангеровской камере виден сплошной очаг, при исследовании на твердотельной камере — более детальная структура. У пациентки К. ложный сустав в шейке бедренной кости лучше виден на твердотельной камере, чем на Ангеровской.

Революционная технология замены кремниевыми фотодиодами фотоэлектронных умножителей принципиальным образом повлияла на дизайн аппарата. «ДИГИРАД» компактен (его вес не превышает 200 кг). Ему, в отличие от гамма-камер Ангеровского типа, не требуется большое помещение. В НИИ ортопедии он занимает комнату, размером не более 10 квадратных метров. Еще одно немаловажное свойство «ДИГИРАДа» — он очень удобен в эксплуатации. Его можно перемещать на колесиках в палаты, офисы врачей, операционные отделения больницы. А подвижная головка детектора дает возможность исследовать больного в любой проекции, в том числе и при положениях стоя, сидя, лежа. С помощью цифровой обработки данных легко определить, насколько «агрессивна» опухоль, как далеко зашли разрушительные процессы в кости. Под одним из снимков обращают внимание на цифру «315 процентов».

— Что она означает?

— Накопление радиофармпрепарата в опухоли в три с лишним раза превышает норму, процесс очень активен, т.е. больному требуется операция, — объясняет Артур Нуралиевич.

В основе работы гамма-камеры лежит механизм взаимодействия радиофармпрепарата с организмом человека. В данном случае специальным образом подобранные препараты (фосфонаты), меченные радионуклидами, вводят внутривенно в организм ребенка. Вступая в метаболизм с костной тканью, они накапливаются в местах активного остеогенеза. Доктор Бергалиев показывает на ярко-красную светящуюся полоску около коленного сустава. Это и есть та самая ростковая зона, или зона роста. У Максима она «светится» ярко на обеих нижних конечностях. У четырнадцатилетней Кати — на больной ноге данное накопление слабо выражено. Значит, нога больше расти не будет, а разница в длине между больной ногой и здоровой из года в год будет увеличиваться. Результат исследования не столь благоприятный, как у Максима, но и не безнадежный. Просто Кате нужно набраться терпения. Как только девочка перестанет расти, врачи приступят к операции по удлинению ноги. Процедура длительная и не безболезненная. Но какая боль сравнится с желанием девочки красиво двигаться, носить короткие юбки, ходить на высоких каблуках?

Интересно, что изначально «ДИГИРАД» создавался американскими разработчиками для радионуклидных исследований сердца (почему камера и установлена на колесиках, чтобы проводить исследование прямо у постели больного). Российские медики первыми начали использовать «ДИГИРАД» для исследования костной ткани у детей и подростков. О результатах своей работы они сообщили в письме вице-президенту компании по коммерческим вопросам г-ну Ал Балда. Письмо заинтересовало американского бизнесмена, он лично

приехал в институт, побеседовал с сотрудниками лаборатории, внимательно выслушал их пожелания в адрес разработчиков «ДИГИРАДа», а результаты этих исследований сам представил на Европейском конгрессе по ядерной медицине в Хельсинки.

Сегодня трудно представить, что до 1992 года в институте не проводилось даже обычных планарных радионуклидных исследований. Давно мечтают сотрудники лаборатории о приобретении эмиссионного томографа, с помощью которого можно одновременно исследовать всю костную систему человека не только на плоскостных изображениях, но также и в виде виртуальных срезов и трехмерной реконструкции. Пока же приходится довольствоваться старой планарной гамма-камерой. «Старушка» то и дело выходит из строя, и если бы не золотые руки инженера лаборатории Михаила Геннадьевича Ольнева гамма-камеру давно отправили бы в металлолом. И это в медицинском учреждении, имеющем статус федерального научно-исследовательского института, куда приезжают перенимать опыт коллеги из других регионов, где нередкими гостями бывают иностранные специалисты.

Что уж говорить о рядовых лечебных учреждениях? Основным средством диагностики в них по-прежнему остаются старые рентгеновские аппараты (даже в НИДОИ компьютерный рентгеновский томограф приобретен лишь в этом году), да глаза и руки хирурга. Хорошо, если последние — зоркие и чуткие. А если нет? Не случайно очень большой процент больных поступает в институт им. Г.И. Турнера с осложнениями и рецидивами после неправильного лечения. Врачи утверждают, что исправлять недоработки других намного труднее, чем лечить заново. Кому-кому, а им можно верить.

Причинами столь бедственного положения российской медицины принято считать слабое бюджетное финансирование. Но это не причина, а скорее следствие искаженных государственных приоритетов. Мы уже смирились, что в иерархии государственных ценностей здоровье человека стоит в нашей стране на одном из последних мест, что российская медицинская техника, за редким исключением, не выдерживает никакой конкуренции с зарубежной. Поскольку отечественные высокотехнологичные отрасли практически не работают на человека. Отсюда и возросший за последние годы уровень смертности, и сокращающаяся продолжительность жизни, и растущее количество детей-инвалидов. Интересно, а кто же тогда будет решать задачу, поставленную президентом, — удаивать ВВП?

...Когда я покидала институт, на территории увидела группу гуляющих девочек-подростков. Они передвигались на костылях, перебинтованные ноги опоясывали железные спицы. Но при этом девочки так заразительно смеялись. Так могут смеяться дети, у которых есть надежда на выздоровление. Как важно нам, взрослым, не разрушить ее.

Надежда Степанова



Легкая в управлении головка детектора «ДИГИРАДа» максимально приближена к пациенту



На прогулке в сквере института

# Взгляд в будущее

(попытка полемического прочтения «Технико-экономических исследований (проработок) с подготовкой проекта ТЗ на проектирование атомного ледокола нового поколения», выпущенного ОАО «ЦКБ «Айсберг»)



**В.А. Кузнецов**  
Профессор кафедры  
«Судовые ЯЭУ» ГМА  
им. адм. С.О. Макарова

**Двадцать седьмого июля 2001 г. Президент РФ утвердил Морскую доктрину Российской Федерации, согласно которой национальная политика в Арктическом регионе определяется возрастающей ролью Северного морского пути (СМП) и приполярных районов, без чего невозможно устойчивое развитие экономики РФ.**

Проведение такой политики продиктовано необходимостью обеспечения защиты национальных интересов РФ и предполагает оптимальное использование и строительство новых атомных ледоколов с использованием новейших ядерных энергетических установок с более высокими технико-экономическими характеристиками и новых транспортных судов ледового класса.

Доктрина явилась мощным импульсом для обсуждения широкого круга вопросов, связанных со строительством новых ледоколов. Возможна ли их постройка при нынешнем состоянии отечественной промышленности? Какого типа ледоколы строить в первую очередь в условиях финансового дефицита? Какие ЯЭУ использовать на новых ледоколах?

И вот свершилось! ОАО «ЦКБ «Айсберг» выпустило «Технико-экономические исследования (проработки) с подготовкой проекта ТЗ на проектирование атомного ледокола нового поколения». Работа выполнена на основании Государственного контракта с Федеральным агентством по морскому и речному транспорту.

Основной вопрос: «Какие ледоколы строить в первую очередь?», — ответа не получил! Нет четкой, конкретной стратегии и источников финансирования восстановления северных территорий России, использования Северного морского пути (СМП) — не может быть и однозначного технико-экономического обоснования типов ледоколов. Недаром такие авторитетные организации, как ЦНИМФ и ЦНИИ им. акад. А.Н. Крылова не смогли на базе анализа экономической эффективности дать согласованные рекомендации по типам ледоколов.

Инженерно-научное сообщество разделилось на два лагеря. Лагерь «мелкосидящих» считает, что в существующих условиях в первую очередь нужно строить ледокол с ограниченной осадкой (8,5 м) мощностью на винтах 40 МВт. Лагерь «двухосадочников» полагает, что более целесообразно строить двухосадочный ледокол (8,5–11,0 м) мощностью 60 МВт. В существующих условиях неопределенностей с возможными грузопотоками в Арктике на период до 2050 г. и финансовым обеспечением строительства за 5–6 последних лет дискуссий ни один лагерь не смог найти неоспоримых доказательств в пользу своей точки зрения.

По моему мнению, основанному на сорокапятилетнем опыте эксплуатации мощных атомных ледоколов, все транспортные операции в Арктике, включая в перспективе круглогодичные транзитные перевозки по СМП, могут быть успешно решены в случае постройки трех типов ледоколов:

- ледокол ограниченной осадки и мощности на винтах  $N_B=40$  МВт;
- линейный ледокол с  $N_B=60$  МВт;

— ледокол-лидер с  $N_B=110-120$  МВт. Очередность их создания на ближайшие 20 лет должно определить Правительство РФ.

Создание двухосадочного ледокола представляется автору не только нецелесообразным, но и абсурдным, т.к. возить по всей Арктике около 8000 заборной воды совершенно бессмысленно и отнюдь не дешево!

Точно такая же ситуация сложилась относительно типа ЯЭУ на новых ледоколах.

Одни специалисты, назовем их условно «пессимисты-реалисты», считают, что при нынешнем состоянии промышленности, ограничениях финансирования, очень серьезных кадровых проблемах в НИИ, КБ, на заводах, реально можно построить в ближайшие 10 лет только ЯЭУ на базе оборудования, которое разрабатывалось в 60–70-х годах XIX века, показало себя надежным и производство которого можно восстановить при наименьших затратах. И не важно, что оно не будет отвечать требованиям XXI века!

Другая группа специалистов, назовем условно «оптимисты-прогрессисты», считают, что строить ледоколы и ЯЭУ, которые будут работать до 2050–2060 годов, нужно на базе последних научно-технических достижений с целью создания конкурентоспособных ледоколов, а финансовые трудности следует преодолевать, одновременно стремясь к максимально возможному снижению строительно-монтажной стоимости. А она не мала! По оценкам ОАО «ЦКБ «Айсберг» затраты на создание головного мелкосидящего ледокола составляют 320 млн долл., а двухосадочного — 450 млн долл. Для госбюджета это много!

Но для олигархов, судя по цене, за которую во славу Чукотки покупаются иностранные футбольные клубы, для нефте- и газодобывающих корпораций это несерьезные суммы, тем более, что в

основном для вывоза их продукции и нужны атомные ледоколы.

Вероятно, Правительству РФ и Госдуме целесообразно изучить и дополнить законодательную базу в части возможности создания холдинга с 51% государственного капитала и привлечением средств основных грузоотправителей в Арктике (Норильский никель, Лукойл, Сибнефть, Газпром и т.п.) для создания в ближайшие 10 лет новых атомных ледоколов. Возмещение вложенных участниками холдинга средств возможно за счет снижения в течение 30–40 лет тарифов на перевозку их продукции или другими путями.

Автор уверен, что больший экономический эффект можно получить, если сосредоточить все усилия на создании ядерных энергетических установок (ЯЭУ) с высокими технико-экономическими показателями для всех типов ледоколов.

Приоритеты при проектировании ЯЭУ нового поколения, отвечающие современным требованиям и возможностям, были впервые сформулированы мною в работе «Атомные энергетические установки ледоколов XXI века» и практически дословно приняты ОАО «ЦКБ «Айсберг». Это подает надежду, что есть возможности их последовательной реализации в проектах ЯЭУ ледоколов.

**Главный приоритет** — высокий КПД ЯЭУ. Как известно, повышение КПД — основной путь снижения расходов на топливо. Россия в ближайшие годы вступит в ВТО и ЕС, что неизбежно связано с приведением отечественных цен на ядерное топливо к уровню мировых цен, которые существенно выше. Стоимость топливных зон с энергозапасом  $(2,4-3,0) \cdot 10^6$  МВт·час, которые приобретало ОАО ММП в 2003–2005 г. составляла 140–160 млн руб. ( $\$ (5-6)$  млн,  $1\$/28$  руб.). Проведенные ориентировочные оценки стоимости подобных активных

зон по мировым ценам 2005 г. на природный уран, работу разделения, фабрикации, приводят к стоимости в (2,2–2,5) млрд руб. ( $\$ (78-90)$  млн), т.е. стоимость активных зон может возрасти в 10–15 раз.

Повышение КПД ЯЭУ позволяет не только снизить расходы на топливо, но и упростить решение целого ряда чисто технических проблем, например, такой как создание более надежной системы заборной водоснабжения.

**Второй приоритет** — снижение стоимости ЯЭУ и эксплуатационных расходов, в проработке «Айсберга» решен также неудовлетворительно, как, впрочем, и главный приоритет. Его решение связано, в первую очередь, с уменьшением числа оборудования в составе ЯЭУ. Но для двухосадочного ледокола предлагаются две реакторные установки, когда при правильном подходе не только возможно, но и целесообразно иметь на ледоколах с  $N_B=40$  МВт и  $N_B=60$  МВт однореакторную установку с  $Q_P=240$  МВт. Только для ледокола-лидера — целесообразно иметь двухреакторную установку с  $Q_P=2 \times 240$  МВт. На ледоколах любых типов — совершенно одинаковые реакторы. Что может быть лучше и разумнее?!

**Третий приоритет** — снижение энергонапряженности и повышение энергозапаса активных зон.

В проработке ЦКБ «Айсберг» нет описания размеров и типа активных зон; приведены для РИТМ-200 и Э49М только одинаковые энергозапасы  $(4-4,3) \cdot 10^6$  МВт·час и время между перезарядками (5–6,5) лет. Косвенно можно догадаться, что предлагаются активные зоны канального типа, аналогичные используемым ныне зонам с энергозапасом  $(2,4-3,0) \cdot 10^6$  МВт·час и временем между перезарядками 4–5 лет. И это на предстоящие 40–50 лет вперед! Очень плохо и недостойно! Почему же авторы проработки не учитывают мнение главного конструктора, научного руководителя ОКБМ, академика Ф.М. Митенкова, который в своей статье «О будущем судовой ядерной энергетики в России» пишет, что одним из основных потребительских качеств ядерной энергетики является «обеспечение любого потребного энергозапаса в реакторе» и на этой основе считает, что «энергозапас реактора должен определяться из условия не более одной перезарядки реактора за время службы ЯЭУ», т.е. за 30–40 лет.

**Четвертый приоритет** — уменьшение массы и габаритов оборудования РУ, справедливо поставленный на последнее место, не требует особого анализа. Следует только отметить, что возрастание массы РУ, двухкорпусных ГТГ по сравнению с однокорпусными, может быть значительно компенсировано исключением из состава ЯЭУ ВТГ (около 150 т), ПГНД, вспомогательных котлов (ВКУ), использованием более рациональной системы заборной водоснабжения (около 200–300 т).

Проведенный выше анализ показывает, что принятые разработчиками ЦКБ «Айсберг» главные требования к проектированию ЯЭУ пока далеки от полной реализации и носят скорее декларативный характер, нежели руководство к действиям.

**От редакции.** К сожалению, сотрудники ЦКБ «Айсберг» не сочли нужным прокомментировать статью В.А. Кузнецова. Хотя редакция направила статью (причем в ее полном, а не сокращенном варианте) авторам «Технико-экономического исследования...».

Позиция, по меньшей мере, странная, которую можно истолковать так: или руководству и сотрудникам «Айсберга» безразлична «честь мундира», или им нечего возразить В.А. Кузнецову. Мы приглашаем к разговору всех, кому не безразлична судьба российского ледокольного флота.



# Испытания ядерного оружия в космосе



А.Б. Железняков  
Член-корр.  
Рос. академии  
космонавтики  
им. Циолковского

Сегодня мы уже стали забывать о той атомной вакханалии, которую устроили на рубеже 1950–1960-х годов две сверхдержавы – СССР и США. Тогда, совершенствуя свои системы вооружений, главные противники в глобальном противостоянии чуть ли не ежедневно взрывали ядерные и термоядерные устройства. Причем, проводились эти испытания во всех природных сферах: в атмосфере, под землей, под водой и даже в космосе. Положить конец этому безумию удалось только в 1963 году, когда СССР, США и Великобритания подписали договор о запрещении испытания ядерного оружия в трех средах (в атмосфере, под водой и в космическом пространстве). Но к тому моменту человечество успело много чего «натворить»...

## Операция «Аргус»

Начало использования космического пространства в качестве ядерного испытательного полигона датируется летом 1958 года, когда в обстановке повышенной секретности в США началась подготовка к проведению операции «Аргус». Американцы окрестили ее в честь всевидящего стоглазого бога из Древней Греции. Кому-то такая аналогия показалась уместной, хотя увидеть какую-либо связь между древнегреческим божеством и сутью проводимого эксперимента весьма проблематично.

Основной целью проведения операции «Аргус» являлось изучение влияния поражающих факторов ядерного взрыва, произведенного в условиях космического пространства, на земные радиолокаторы, системы связи и электронную аппаратуру спутников и баллистических ракет. По крайней мере, так ныне утверждают американские военные. Но это, скорее, были попутные эксперименты. А главная задача была в испытании ядерных зарядов. Кроме того, предполагалось изучить взаимодействие радиоактивных изотопов плутония, высвобождавшихся во время взрыва, с магнитным полем Земли.

Отправной точкой проведения эксперимента, как об этом принято писать сегодня, стала довольно эксцентричная, по тем временам, теория, выдвинутая сотрудником Радиационной лаборатории Лоуренса Николасом Кристофилосом. Он предположил, что наибольший военный эффект от ядерных взрывов в космосе может быть достигнут в результате создания искусственных радиационных поясов Земли, аналогичных естественным радиационным поясам (поясам Ван Аллена)<sup>1</sup>.

<sup>1</sup> Радиационный пояс Земли – область околоземного пространства, в которой магнитное поле Земли удерживает заряженные частицы (протоны, электроны, альфа-частицы), обладающие кинетической энергией от десятков кэВ до сотен МэВ. Выходу частиц из радиационного пояса Земли препятствует особая конфигурация поля – так называемая магнитная ловушка (протоны, например, могут находиться в ней более 30 лет). Частицы в радиационном поясе Земли совершают сложное движение – колебательное по спиральной траектории из северного полушария в южное и обратно с одновременным более медленным перемещением (долгим дрейфом) вокруг Земли. Условно разделяются на внутреннюю и внешнюю зоны (пояса). Внутренняя зона расположена в экваториальных широтах; ее нижняя граница, определяющаяся, в основном, напряженностью магнитного поля Земли, находится на высоте 200–300 километров (над Бразилией) и около 1600 километров (над Австралией). Внешняя зона простирается на расстоянии от 2,5 до 7 радиусов Земли. Возможность существования радиационных поясов Земли была предсказана теоретически еще в начале XX века, но только с началом освоения космоса получила практическое подтверждение. В зарубежной литературе радиационные пояса Земли часто называют поясами Ван Аллена, по имени американского физика Дж. Ван Аллена.

Чтобы не возвращаться более к этому вопросу, сразу скажу, что проведенный эксперимент подтвердил выдвинутую теорию, и искусственные пояса действительно возникали после взрывов. Их обнаружили приборы американского научно-исследовательского спутника «Эксплорер-4», что позволило впоследствии говорить об операции «Аргус», как о самом масштабном научном эксперименте, который когда-либо проводился в мире.

В качестве места проведения операции была выбрана южная часть Атлантического океана между 35° и 55° ю.ш., что обуславливалось конфигурацией магнитного поля, которое в этом районе наиболее близко расположено к поверхности Земли и которое могло сыграть роль своеобразной ловушки, захватывая заряженные частицы, образованные взрывом, и удерживая их в поле. Да и высота полета ракет позволяла доставить ядерный боеприпас только в эту область магнитного поля.

Для осуществления взрывов в космосе были использованы ядерные заряды типа W-25 мощностью 1,7 килотонны, разработанные для неуправля-

емыми из различных районов земного шара непосредственно перед взрывами и спустя некоторое время после них.

Так, 27 августа были проведены пуски четырех ракет (ракеты «Джэйсон» № 1909 с мыса Канаверал в штате Флорида; двух ракет типа «Джэйсон» № 1914 и 1917 с Базы ВВС США «Рамей» в Пуэрто-Рико; ракеты «Джэйсон» № 1913 с полигона Уоллопс в штате Вирджиния). А 30–31 августа с тех же самых стартовых позиций были запущены уже девять ракет. Правда, взрыв 6 января пусками не сопровождался, но наблюдения за ионосферой велись с помощью метеорологических зондов.

Так совпало, что советским специалистам удалось получить информацию о первом из американских космических взрывов. В день испытания, 27 августа, с полигона Капустин Яр были проведены пуски трех геофизических ракет: одной Р-2А и двух Р-5А. Измерительной аппаратуре, установленной на ракетах, удалось зафиксировать аномалии в магнитном поле Земли. Правда, чем были вызваны эти аномалии, стало известно чуть позднее

*Кардинальным отличием советских экспериментов от американских ядерных взрывов в космосе является то, что они имели четкую функциональную направленность – проверку работы системы противоракетной обороны*

емой ракеты «Джин» класса «воздух – воздух». Вес самого заряда составлял 98,9 килограмм. Конструктивно он был выполнен в виде обтекаемого цилиндра длиной 65,5 сантиметра и диаметром 44,2 сантиметра. До операции «Аргус» заряд W-25 испытывался трижды и продемонстрировал свою надежность. Кроме того, во всех трех испытаниях мощность взрыва соответствовала номинальной, что было важно при проведении эксперимента.

В качестве средства доставки ядерного заряда была использована модифицированная баллистическая ракета X-17А, разработанная компанией «Локхид». Ее длина с боевым зарядом составляла 13 метров, диаметр – 2,1 метра.

Для проведения эксперимента была сформирована флотилия из девяти кораблей 2-го флота США, действовавшая под обозначением совершенно секретной оперативной группы № 88. Пуски производились с головного судна флотилии «Нортон-Саунд».

Первое испытание было проведено 27 августа 1958 года. Точное время пуска ракеты, как и во время двух последующих экспериментов, неизвестно. Но, учитывая скорость и высоту полета ракеты, можно ориентировочно считать, что старт состоялся в интервале от 5 до 10 минут до времени взрыва, которое известно. Первый ядерный взрыв в космосе «прогремел» в 02:28 GMT того дня на высоте 161 километр над точкой земной поверхности с координатами 38,5° ю.ш. и 11,5° з.д., в 1800 километрах юго-западнее южноафриканского порта Кейптаун.

Через три дня, 30 августа, в 03:18 GMT второй ядерный взрыв был произведен на высоте 292 километра над точкой земной поверхности с координатами 49,5° ю.ш. и 8,2° з.д.

Последний, третий взрыв в рамках операции «Аргус», «прогремел» 6 сентября в 22:13 GMT на высоте 750 километров (по другим данным – 467 километров) над точкой земной поверхности 48,5° ю.ш. и 9,7° з.д. Это самый высотный из космических ядерных взрывов за всю недолгую историю таких экспериментов.

Немаловажная деталь, о которой вспоминают не столь часто. Все взрывы в рамках операции «Аргус» являлись лишь частью проводимых экспериментов. Их сопровождали многочисленные пуски геофизических ракет с измерительной аппаратурой, которые проводились американскими уче-

стали доступны широкой общественности. С одной стороны, это объясняется тем фактом, что прошел слишком большой срок, чтобы описываемые события претендовали на сенсационность. С другой стороны, в настоящее время вопрос проведения ядерных взрывов в космосе не столь актуален, как это было сорок лет назад, поэтому и интересуются им в меньшей степени, чем «современными ядерными проблемами».

## Операция «К»

Мораторий на ядерные испытания, действовавший в 1958–1961 годах, не позволил советской стороне немедленно отреагировать на операцию «Аргус». Но вскоре после того, как он был прерван, Советский Союз провел аналогичные эксперименты. Испытания отечественных ядерных устройств в космосе проходили в рамках операции «К». Их подготовкой и проведением занималась Государственная комиссия по председательством заместителя министра обороны СССР, генерал-полковника Александра Васильевича Герасимова. Научным руководителем экспериментов был назначен академик АН СССР Александр Николаевич Щукин, а его заместителем – заместитель начальника 4-го Главного управления Министерства обороны генерал-майор Константин Александрович Трусов. Основной задачей при проведении операции «К» являлась проверка влияния высотных и космических ядерных взрывов на работу радиоэлектронных средств систем обнаружения ракетного нападения и противоракетной обороны (системы «А»).

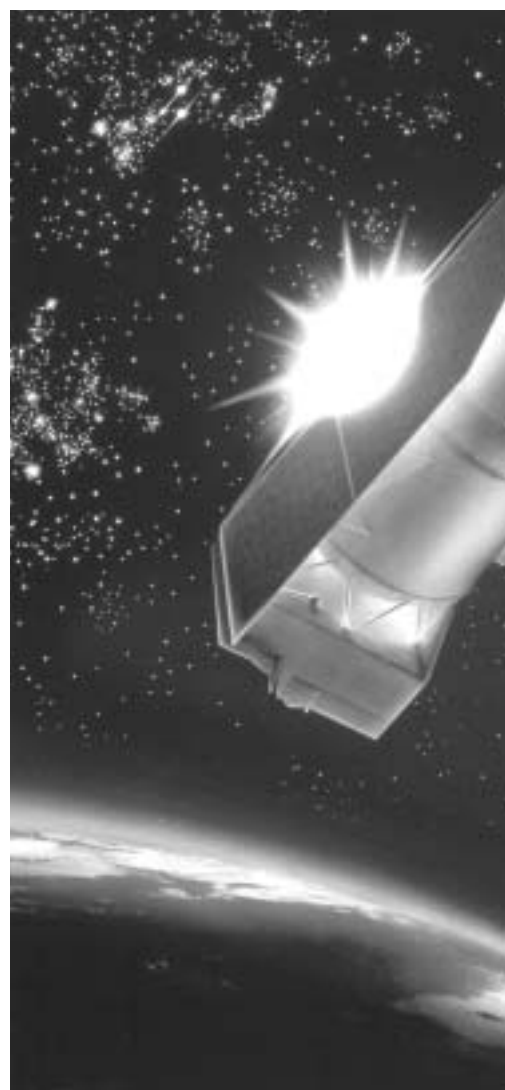
Первые эксперименты, имевшие обозначения «К-1» и «К-2», были проведены в течение всего одних суток – 27 октября 1961 года. Оба боеприпаса мощностью 1,2 кт были доставлены к местам взрыва (над центром опытной системы «А» на полигоне Сары-Шаган) баллистическими ракетами Р-12 (8К63), запущенными с полигона Капустин Яр. Первый взрыв был произведен на высоте около 300 километров, а второй – на высоте около 150 километров.

Кардинальным отличием советских экспериментов от американских ядерных взрывов в космосе является то, что они имели четкую функциональную направленность – проверку работы системы противоракетной обороны. В связи с этим и алгоритм испытаний был иным, чем в рамках операции «Аргус», где во главу угла ставился именно взрыв, а не работоспособность иных видов техники.

Как впоследствии рассказал главный конструктор системы «А» Григорий Васильевич Кисунько в своей книге «Секретная зона», «планом каждого из испытаний серии «К» предусматривался последовательный пуск двух ракет Р-12. Первая несла ядерный заряд, вторая оснащалась аппаратурой для регистрации поражающего действия ядерного взрыва. В условиях реального ядерного взрыва вторую ракету перехватывала противоракета В-1000 системы «А», оснащенная телеметрической (без боевого заряда) головной частью».

Проведение операции «К» было продолжено ровно через год – в октябре 1962 года. Тогда было проведено три взрыва, но один из них относится к разряду высотных, так как производился на высоте 80 километров, поэтому о нем я не буду ничего говорить, а расскажу только о тех, которые проходят в литературе под индексами «К-3» и «К-4».

Утром 22 октября со стартовой позиции полигона Капустин Яр была запущена баллистическая ракета Р-12, в головной части которой размещался ядерный заряд мощностью 300 кт. Как видим, мощность этого устройства была значительно больше, чем применяли американцы в операции «Аргус» или во время пусков «К-1» и «К-2», но меньше, чем во время американского испытания летом 1962 года, о котором я буду писать позднее. Спустя 11 минут на высоте около 300 километров зажглось искусственное Солнце.



Во время испытания решалось сразу несколько задач. Во-первых, это была очередная проверка надежности носителя ядерного заряда – баллистической ракеты Р-12. Во-вторых, проверка срабатывания самого заряда. В-третьих, выяснение поражающих факторов ядерного взрыва и его воздействия на различные образцы военной техники, в том числе на ракеты и военные спутники. В-четвертых, должны были пройти проверку основные принципы предложенной Владимиром Николаевичем Челомеем системы противоракетной обороны «Таран», предусматривавшей поражение ракет противника серией ядерных взрывов на их пути.

И время проведения испытания «К-3» было выбрано совсем не случайно. За двое суток до взрыва с полигона Капустин Яр был запущен искусственный спутник Земли типа ДС-А1 (открытое наименование «Космос-11»), предназначенный для исследования излучений, возникающих при ядерных взрывах на больших высотах, в широком диапазоне энергий и эффективностей, отработки методов и средств обнаружения высотных ядерных взрывов и получения других данных. Информация, которую собирались получить и получили советские ученые от этого спутника, оказалась чрезвычайно ценной для разработки систем вооружения следующих поколений.

Кроме того, этот взрыв в космосе можно было рассматривать и как демонстрацию советской мощи в условиях бушевавшего в те дни «Карибского кризиса». Вообще-то, это было весьма рискованное мероприятие с трудно прогнозируемыми последствиями. У военного руководства СССР и США нервы были на пределе, и любое недостаточно продуманное решение, особенно проявление военной активности, могло быть превратно истолковано и закончиться всемирным катаклизмом. На наше счастье все завершилось благополучно.

Программа эксперимента «К-3» была значительно шире, чем проведенные за год до этого испытания. Кроме двух баллистических ракет Р-12 и противоракет полигона в Сары-Шагане предпола-

галось задействовать ряд геофизических и метеорологических ракет, а также межконтинентальную баллистическую ракету Р-9 (8К75), запуск которой должен был состояться с 13-й пусковой установки полигона Тюра-Там в рамках 2-го этапа летно-конструкторских испытаний. Головная часть этой ракеты должна была пройти максимально близко к эпицентру взрыва. При этом предполагалось исследовать надежность радиосвязи аппаратуры системы радиуправления, оценить точность измерения параметров движения и определить влияние ядерного взрыва на уровень принимаемых сигналов на входе бортовых и наземных приемных устройств системы радиуправления.

Однако пуск Р-9 в тот день завершился неудачей. Через 2,4 секунды после старта разрушилась 1-я камера сгорания 1-й ступени, и ракета упала в 20 метрах от стартового стола, серьезно его повредив.

Четвертый ядерный взрыв в рамках операции «К» был проведен 28 октября 1962 года. По сценарию этот эксперимент совпадал с предыдущим, с той разницей, что «девятка» должна была стартовать с опытной наземной пусковой установки № 5. Старт Р-12 с ядерной боеголовкой произошел в 04:30 GMT с полигона Капустин Яр. А спустя 11 минут на высоте 150 километров была проведена детонация ядерного устройства. Система «А» отработала без замечаний.

А вот пуск Р-9 с полигона Тюра-Там вновь окончился аварией. Ракета оторвалась от стартового стола в 04:37:17 GMT, но успела подняться на высоту всего 20 метров, когда вышла из строя 2-я камера сгорания двигательной установки 1-й ступени. Ракета осела и упала на пусковую установку, столб пламени взметнулся высоко в небо. Таким образом, всего за шесть дней серьезные повреждения получили две пусковые установки для Р-9. Больше в испытаниях их не использовали.

Взрывом 28 октября заканчивается не только история советских ядерных испытаний в космосе,

но и эпоха использования околоземного пространства как полигона для испытания этого смертоносного вооружения.

#### Еще два взрыва в космосе

И в завершение повествования расскажу еще о двух американских ядерных экспериментах в космосе. Даты их проведения лежат в интервале между первой и второй фазами операции «К», поэтому и говорить о них приходится особо. Одно из этих испытаний состоялось летом 1962 года. В рамках операции «Фишбоул» предполагалось провести взрыв ядерного заряда W-49 мощностью 1,4 Мт на высоте около 400 километров. Этот эксперимент проходил у американских военных под кодовым наименованием «Старфиш» («Звездная рыба»).

Первый блин в тот раз оказался комом. Состоявшийся 20 июня с площадки LE1 атолла Джонсон в Тихом океане пуск баллистической ракеты «Тор» (сер. № 193) был аварийным – на 59-й секунде полета произошло отключение двигателя ракеты. Офицер, отвечающий за безопасность полета, через шесть секунд отправил на борт команду, которая привела в действие механизм ликвидации. На высоте 10–11 километров ракета была взорвана. Заряд взрывчатого вещества разрушил боеголовку без приведения в действие ядерного устройства. Часть обломков упала обратно на атолл Джонстон, другая часть – на расположенный неподалеку атолл Сэнд. Авария привела к небольшому радиоактивному заражению местности.

Эксперимент повторили 9 июля того же года. Была задействована ракета «Тор» с серийным номером 195. На этот раз все прошло успешно. Взрыв выглядел просто потрясающе – ядерное зарево было видно на острове Уэйк на расстоянии 2200 километров, на атолле Кваджалейн (2600 километров) и даже в Новой Зеландии, в 7000 километрах к югу от Джонстона!

В отличие от испытаний 1958 года, когда «прогемели» первые ядерные взрывы в космосе, ис-

пытание «Старфиш» быстро получило огласку и сопровождалось шумной политической кампанией. За взрывом наблюдали космические средства США и СССР. Так, например, советский спутник «Космос-5», находясь на 1200 километров ниже горизонта взрыва, зарегистрировал мгновенный рост интенсивности гамма-излучения на несколько порядков с последующим снижением на два порядка за 100 секунд. После взрыва в магнитосфере Земли возник обширный и мощный радиационный пояс. По крайней мере, три спутника, заходившие в него, были повреждены из-за быстрой деградации солнечных батарей. Наличие этого пояса пришлось учитывать при планировании полетов пилотируемых космических кораблей «Восток-3» и «Восток-4» в августе 1962 года и «Меркурий-8» в октябре того же года. Последствия загрязнения магнитосферы были заметны в течение нескольких лет.

И, наконец, последний ядерный взрыв в космосе был проведен 20 октября 1962 года. В документах Министерства обороны США это испытание проходило под кодовым наименованием «Чикмэйт». Взрыв произошел на высоте 147 километров над поверхностью Земли в 69 километрах от атолла Джонсон. К месту подрыва ядерная боеголовка типа XW-50X1 была доставлена авиационной ракетой XM-33 «Струпи», выпущенной с борта бомбардировщика Б-52 «Стратофортресс». Данные о мощности взрыва разнятся. Одни источники называют цифру менее 20 кт, а другие – 60 кт. Но нас интересует, в данном случае, не эта цифра, а место проведения испытания. А это был космос.

Итак, давайте подведем краткие итоги ядерных испытаний в космосе. Всего было проведено девять взрывов: американцы взорвали пять ядерных зарядов, Советский Союз – четыре заряда. Другие ядерные державы, на наше счастье, не поддержали начавшуюся было ядерную гонку в космосе. И в будущем, будем надеяться, такого не случится.

www.inconex.ru

# АТОМНАЯ ЭНЕРГЕТИКА И ЭЛЕКТРОТЕХНИКА

МЕЖДУНАРОДНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ И ВЫСТАВКА  
ОБОРУДОВАНИЯ, МАШИН, ПРИБОРОВ,  
МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ АТОМНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ

**4 – 6 октября 2005**  
ЦЕНТР МЕЖДУНАРОДНОЙ ТОРГОВЛИ,  
РОССИЯ, МОСКВА

ОРГАНИЗАТОР:  
**INCONEX**  
International Conferences & Exhibitions

ООО Инконэкс  
Тел.: +7 (095) 102 5913,  
Факс: +7 (095) 739 5509  
E-mail: electronica@list.ru,  
www.inconex.ru

ОФИЦИАЛЬНАЯ ПОДДЕРЖКА:

Федеральное агентство по атомной энергии  
Государственный концерн РОСЭНЕРГОАТОМ



# Дети Вернадского



**Е.А. Шашуков**  
Директор музея  
ГУП НПО «Радиевый  
институт  
им. В.Г. Хлопина»

**Жизнь выдающихся ученых обращает на себя внимание не только в связи с их научной деятельностью. Нас интересуют также все стороны судеб таких людей, в частности, их внеученные интересы, связь с другими людьми, отношения с соратниками и друзьями. Вызывает интерес и семейная жизнь, в том числе вопросы воспитания детей и их судьба. Не является исключением и интерес к членам семьи академика Владимира Ивановича Вернадского.**

В семье Вернадских было двое детей: сын Георгий, или Гуля, как ласково звали его родители, 1887 года рождения, и дочь Нина, появившаяся на свет одиннадцатью годами позднее.

Отчасти следствием большой разницы в возрасте детей была особая любовь отца к дочери. В письме жене — Наталье Егоровне, датированном 1899 годом, тридцатилетний Владимир Иванович Вернадский писал: «Боюсь, что слишком полюбил ее, а между тем, может быть, в этом и есть настоящая жизнь». На склоне лет дочь, вспоминая отца, писала: «Он нас всех любил глубокой, полной любовью, но я думаю, что я была ему ближе, или он думал, что я на него более похожа».

Отношение отца к сыну было более строгим. Когда Георгию было двенадцать лет, Вернадский писал жене: «...я думаю, что часто мелочно раздражителен и требователен по отношению к нему...». Однако отец старался проникнуть в душу сына-подростка и внимательно относился к издержкам его возраста. Владимир Иванович писал Наталье Егоровне: «Ты получила письма из Полтавы и Орла, он (Георгий) их вскрыл... Я не решился заметить ему, что нельзя вскрывать писем, он сделал это... весь проникнутый чувством семейственности... Это самое сильное, большое и глубокое, во что он вошел и чего касаться можно очень лишь осторожно».

В целом жизнь детей в семье Вернадских проходила счастливо и в достатке. И отец, и мать заботились об их всестороннем развитии и воспитании. Вспоминая родителей, Нина Владимировна писала: «Я поражаюсь, сколько они вложили мысли и внимания в наше воспитание, сколько любви и понимания».

Дочь вспоминала, что во время пребывания в родовом имении родителей в Вернадовке Тамбовской губернии «отец меня учил смотреть и слушать, и быть частью поля, леса, космоса. Мы выходили после захода солнца, и он учил меня узнавать созвездия и сознать человека, как часть мира. Он так много знал и помнил о разных вещах!».

Владимир Иванович, конечно, не мог забыть о собственных детских впечатлениях, зная, как это важно для гармоничного развития молодого ума. Именно в таких беседах его дядя Евграф Короленко пробудил в нем интерес к явлениям природы.

Вернадские воспитывали детей в духе скромности в личных потребностях. Это соответствовало традициям университетского студенческого Братства, которых придерживались и отец, и мать на протяжении всей своей жизни. Нина Владимировна вспоминала: «...Мама покупала самую простую и дешевую одежду и очень огорчалась, если я покупала себе что-нибудь дорогое...». Это касалось и домашней обстановки. Денег не жалели только на книги и любые проявления интеллектуальной деятельности.

Такова была атмосфера, в которой формировались взгляды и интересы детей Вернадских. В связи с этим, нельзя не сказать о том, что часто родители хотят видеть в детях свое продолжение и иногда толкают их на путь, который в будущем станет им в тягость. Владимир Иванович отдавал себе в этом отчет и старался избегать лишнего нажима, хотя не всегда и не во всем это у него получалось. Он писал в 1899 году в одном из своих посланий жене: «...Есть всегда стремление отцов и матерей к своим детям — сторона насилия, желание наложить на детей ту схему житейских отношений и условных форм, к которой они сами пришли путем жизненного опыта... Я помню по себе, как это было несоразмерно тяжело...».

Много внимания уделяли родители образованию детей. Георгий в 1905 году окончил Классическую гимназию с золотой медалью и поступил на историко-филологический факультет Московского университета. Он выбрал специальность, которой в молодые годы отдавал предпочтение его отец. В Университете кипела активная общественная жизнь, и Георгий вступил в студенческую фракцию



*Георгий и Нина Вернадские*

Кадетской партии. Членом этой партии состоял, как известно, Владимир Иванович.

На четвертом курсе Георгий избрал темой своих занятий историю Сибири. Затем он по совету отца заинтересовался русским масонством. Георгий Владимирович писал об этом в своих воспоминаниях: «Я не масон и никогда масоном не был, но меня интересовали широкие международные связи русского масонства и возможность исследования его на фоне истории европейской умственной жизни».

В 1908 году Георгий женился на Нине Владимировне Ильинской — своей двоюродной сестре, с которой он осенью 1913 года переехал из Москвы в Петербург, где в это время обосновались его родители. Весной 1914 года Георгий стал приват-доцентом Петербургского университета. Он вел курсы по истории Сибири и русского масонства, с интересом посещал собрания известных русских историков С.Ф. Платонова и А.С. Лаппо-Данилевского, а также «Кружок молодых историков».

В Петербурге Георгий Владимирович подготовил диссертацию. Однако, получив в 1917 году выгодное предложение занять место профессора истории Пермского университета, он, не дождавшись защиты, уехал с женой в Пермь. Этот город, находящийся в глубине России, был местом ссылки А.И. Герцена, В.Г. Короленко и других известных наших соотечественников. К их числу принадлежал и Григорий Витальевич Хлопин — отец В.Г. Хлопина, который был сослан в эти края за его социал-демократическую деятельность.



*Пока вся семья вместе*

Однако Пермь поразила молодых супругов Вернадских высоким уровнем культуры. Здесь при университете существовало «Общество исторических, философских и социальных знаний», имелся городской симфонический оркестр, и было много любителей музыки, часто устраивались музыкальные вечера.

Для защиты диссертации, которая была назначена на 25 октября 1917 года, Георгий Владимирович ненадолго приехал в Петербург. После успешного ее завершения он с трудом возвратился обратно в Пермь в условиях развивающихся гражданских волнений и беспорядков.

Что касается его сестры Нины, то она окончила в 1917 году гимназию в Петербурге. Ее интересы первоначально находились в области живописи. Она училась рисовать и оставила в память об этом штриховые портреты отца и другие рисунки. Позже она поняла, что ее призвание — медицина. Октябрьская революция круто изменила судьбу семьи Вернадских. Будучи одним из организаторов Партии кадетов и членом Временного правительства, боясь за судьбу семьи, В.И. Вернадский вместе с женой и дочерью уехал на Украину. В середине 1918 года к нему присоединился и сын Георгий с женой, которые так же, как и отец, не испытывали симпатий к установившемуся режиму.

Георгий Владимирович некоторое время преподавал в Таврическом (Симферопольском) университете. В то время здесь находились физики А.Ф. Иоффе и И.Е. Тамм, историк Б.В. Греков, геологи В.А. Обручев и Д.И. Щербаков, а также другие известные ученые, которых лихая судьба забросила на окраину государства. В сентябре 1920 года Г.В. Вернадский по рекомендации П.Б. Струве возглавил ведомство печати в правительстве барона Врангеля. Друзья порицали его за этот шаг, но Георгий был о бароне хорошего мнения. В своих воспоминаниях он отмечал, что «Петр Николаевич Врангель произвел на меня впечатление человека выдающегося — каким он и был. Он происходил из военной семьи, по образованию был горный инженер, что сближало его с людьми науки и техники».

С приходом в Крым Красной Армии Георгий эвакуировался вместе с армией Врангеля сначала в Константинополь, потом попал в Афины, а затем в Прагу.

Сестра Нина в это время вместе с матерью находилась в Полтаве, затем в Ялте. Наконец, старшие Вернадские вместе с дочерью обосновались в пригороде Симферополя.

Вспоминая о том времени, В.И. Вернадский писал в одном из писем своей давней знакомой А.В. Гольштейн: «Дети вышли разные, очень дружные, но сын — православный и русский без всяких украинских симпатий, а дочка — украинка, в этой области душевно близкая мне». Гуля с дочерью, Владимир Иванович часто говорил по-украински, как бы беря уроки у нее.

Владимир Иванович с приходом в Крым красных первоначально хотел уехать в Англию, но по

просьбе друзей остался и занял пост ректора Таврического университета.

В апреле 1921 года В.И. Вернадский вместе с женой и дочерью вернулся в Петроград, надеясь воплотить в жизнь свою мечту об организации института по изучению живого вещества. За рубежом он такой поддержки, несмотря на все старания, не получил. Друзья и родные отговаривали его от возвращения в Россию, но Владимир Иванович остался при своем мнении.

В январе 1922 года по инициативе В.И. Вернадского в Петрограде был основан Государственный радиевый институт, где были начаты работы по комплексному изучению явления радиоактивности. Однако в июне этого года он вместе с Натальей Егоровной и дочерью Ниной выехал в командировку во Францию, куда был приглашен для прочтения в Сорбонне курса лекций по геохимии. Командировка затянулась до марта 1926 года. Путь в Париж проходил через Прагу, где дочь вместе с матерью и осталась. Здесь она получила высшее медицинское образование и стала врачом-психиатром.

В январе 1926 года Нина Владимировна вышла замуж за археолога Николая Петровича Толля. Брак этот родителям не нравился, но Владимир



*В.И. Вернадский (рисунок дочери Нины)*

Иванович считал зятя честным, умным и преданным науке.

И сын, и дочь Вернадского обосновались в Праге, не желая возвращаться в большевистскую Россию, хотя у Георгия и на чехословацкой земле было немало проблем. В 1925–1927 гг. он возглавлял институт (семинарий) Н.К. Кондакова, где проводились исследования по русской истории. Исторические изыскания Г.В. Вернадского разделяли далеко не все. Так он считал правомерным



Счастливого дедушка

наличие режима крепостного права и монархии в определенный период русской истории. Тягостная обстановка и травля вынудили Георгия Владимировича покинуть Прагу и уехать в США.

В начале 1927 года Георгий при содействии его приятеля М.М. Карповича, жившего в Бостоне, был приглашен в США в Гарвардский университет. Но Карпович занял это место сам. Тогда Георгий обратился с просьбой к давнему знакомому отцу по работе в России профессору Йельского университета М.И. Ростовцеву устроить его в Америке и получил приглашение занять скромное преподавательское место.

В 1927 году Георгий с женой выехали в США. Привыкание к Америке оказалось очень трудным делом, в том числе мешало неважное поначалу знание английского языка.

Георгий отчаянно пытался встать на ноги и брался за не всегда интересующую его работу. Наконец, вместе с М. Карповичем он взялся за издание на английском языке десятитомной истории России. Георгий взял на себя подготовку первых шести томов этого сочинения и, в отличие от Карповича, свою задачу выполнил, доведя описание до 1682 года. Среди этих произведений, которые позднее вышли в виде отдельных книг, были: «Киевская Русь» (1948 г.), «Монголы и Русь» (1953 г.), «Россия в средние века» (1958 г.), «Московское царство» в двух томах (1968 г.).

В 1930-е годы Г.В. Вернадский писал книгу «Ленин — красный диктатор». Интересно было взглянуть, как он, не принявший идеологию большевизма, по прошествии ряда лет отнесется к этой личности как историк. После прочтения этой книги лично у меня сложилось мнение, что Георгий Владимирович, не очерняя и не обеляя образ вождя революции, показал его исторически максимально достоверным.

В 1946 году уже в возрасте 63 лет Георгий Владимирович наконец-то получил в Йельском университете профессорский контракт и последнюю четверть века своей жизни стал патриархом американской русистики.

Ближайший круг общения Г.В. Вернадского и его жены на протяжении всего времени их пребывания на американской земле оставался русским. Они общались с Паниной, Ростовцевым, Петрункевичем, Карповичем, А.Л. Толстой, Зарудными. Георгий и его жена не восприняли идеологию карьерного успеха. «Для меня успех у американцев есть признак морального почти падения», — писала его жена Нина. Отсюда их разлад с преуспевающими семьями.

Стутившиеся тучи фашизма вынудили супругов Толлей эмигрировать в 1938 году в США. Они, в отличие от Георгия с женой, быстро освоились

на американской земле. Но с ними у Георгия и его жены были натянутые отношения. Разладился контакт и с Ростовцевыми.

С 1940 по 1953 год Нина Владимировна работала практикующим врачом-психиатром в больнице под Бостоном. Затем вышла на пенсию. Она купила с мужем небольшой участок земли близ г. Мидлтаун, где супруги построили небольшой дом. В 60 км от них в Нью-Хейвене (штат Коннектикут) жила семья Георгия. В Мидлтауне Нина Владимировна устроила частную лечебницу для приходящих больных.

И у сына, и у дочери была теплая переписка с родителями. Что касается сына, то он обменивался с отцом также мнениями о различных проблемах науки и культуры. Так, в 1940 году Георгий Владимирович прислал пространную вырезку из газеты «Нью-Йорк Таймс» со статьей У. Лоуренса под заголовком «Источник атомной энергии огромной мощи, открытый наукой». В этой статье говорилось о значении изотопа урана (U-235) для получения больших количеств энергии, которая может быть использована для различных, в том числе военных, целей. «Папа, не опоздайте!» — приписал Георгий.

В.И. Вернадский ответил сыну: «Спасибо за присланную из Вашингтона вырезку из «Нью-Йорк Таймс» об уране. Это было первое известие об этом открытии, которое дошло до меня и до Москвы вообще. Я немедленно двинул дело».

Георгий хотел в 1944–1945 гг. навестить живущего в Москве отца, овдовевшего в 1943 году, но не сумел. В январе 1945 года Владимира Ивановича не стало.

Незадолго до смерти в письме сыну В.И. Вернадский писал: «Я очень хотел бы повидать вас всех, но особенно хотелось бы мне пожить с моей внучкой, чтобы осталась память ей о деде... Буду рад, конечно, повидать тебя здесь, но мне бы хотелось, чтобы память обо мне сохранилась в том поколении, в которое переводит нас Танечка. Но не думаю, с другой стороны, что тебе было бы очень хорошо увидеть новую Россию».

И далее: «...Обдумывая свою жизнь, я вижу, чувствую связь поколений. На всех наших семьях до сих пор чувствуется прошлое, жизнь предков».

А в письме к дочери Владимир Иванович писал: «Мечтаю кончить жизнь с вами...». Однако судьба распорядилась иначе.

Дети Владимира Ивановича и Натальи Егоровны Вернадских прожили большую и полную яркой, но далеко не безоблачной событий, жизнь. Они сохраняли при этом глубокое уважение к родителям и семейные традиции. Георгий Владимирович прожил 86 лет. Он скончался в 1973 году. Дочь — Нина Владимировна прожила на два года больше. Она скончалась в 1986 году в возрасте 88 лет.

Итогом жизни Г.В. Вернадского стали его глубокие и интересные работы по истории России. В настоящее время главные из них переведены на русский язык и изданы у нас. Остались также воспоминания детей В.И. Вернадского — Георгия Владимировича и Нины Владимировны о периоде их жизни в России и за рубежом.

Завершая очерк о судьбе детей академика Вернадского, нельзя не сказать несколько слов о продолжении рода Вернадских. В семье Георгия Владимировича детей не было, а вот в семье Толлей-Вернадских в 1929 году появилась дочь Татьяна. Владимир Иванович с гордостью говорил по этому поводу своим друзьям и коллегам: «Я теперь спокоен: мой род продолжен».

К сожалению, внучка страдала неизлечимым в то время врожденным умственным пороком. В семье она могла выполнять только простые домашние обязанности. Но с дедом у внучки все же была переписка на русском языке, что очень радовало Владимира Ивановича. Он пытался внести свой вклад в культурное развитие Танечки, в частности, в одном из писем обращал ее внимание на необходимость уделить внимание музыке.

Несколько раз Владимир Иванович и Наталья Егоровна приезжали к Толлям в Прагу. Последнее свидание с дочерью и внучкой было в ноябре 1936 года. С тех пор они больше не виделись.

## МАЛАЯ ЭНЕРГЕТИКА И ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИЕ ТЕХНОЛОГИИ

Тел/факс:(812) 184-65-30, 102-01-05, 183-63-37

с 28 июня по 1 июля



Приглашаем Вас, принять участие во 2-й Всероссийской специализированной выставке «Малая энергетика и энергосберегающие технологии», организатором которой является Рекламно-выставочный комплекс ОАО «Кировский завод» при участии «Союза энергетиков Северо-Запада России», «Комитет по энергетике и инженерному обеспечению при Администрации Санкт-Петербурга» и информационной поддержке журналов «Энергосбережение», «Энергетика и промышленность России», «Теплоэнергоэффективные технологии», «Промышленные регионы России» и газеты «Деловой Петербург».

### Тематика выставки:

- Энергосберегающее оборудование и технологии
- Электротехническое оборудование и электроизделия
- Учет энергии
- Контрольно-измерительные приборы автоматизации
- Кондиционирование и вентиляция
- Котлы, горелки, котельное и вспомогательное оборудование, теплообменные аппараты
- Кабельная продукция
- Насосы
- Теплоизоляционные материалы

Санкт-Петербург, пр. Стачек, 47ж (проезд до ст. м. «Кировский завод»)   
 Выставочный комплекс и предприятия ОАО «Кировский завод»

# Конкурентоспособность атомных энерготехнологий: экономический анализ

Способность расти – есть признак несовершенства  
Сенека



**Ю.В. Федосова**  
Ведущий специалист  
ЗАО «Комплект-Атом-Ижора»,  
аспирант СПбГУ,  
e-mail:  
Fedosova@kaispb.ru

Сегодня на мировом рынке сооружения АЭС наблюдается жесткая конкуренция между различными проектами сооружения АЭС (рис. 1). Заказчики (эксплуатирующие организации и государственные ведомства) осуществляют выбор проектов с учетом затрат как единовременных (капитальных), так и имеющих место на протяжении всего жизненного цикла АЭС. Во всем мире компании, участники проекта сооружения АЭС, действуют в различных национальных условиях, определяемых экономическими, политическими, правовыми, институциональными и прочими факторами конкретной страны. При работе на экспорт компании опираются на свои конкурентные преимущества, наработанные на внутреннем рынке.

Современная атомная индустрия России находится на историческом перепутье, когда существует реальная угроза ее стагнации. Значительная перестройка основных экономических и политических механизмов работы отрасли за последние десятилетия сделала актуальной задачу определения новой стратегии развития атомного комплекса. В этих условиях становится все более насущным изучение зарубежного опыта организации и функ-

циональности и господдержки проектов сооружения АЭС. Именно эти механизмы находятся в центре внимания данной статьи.

На основании исследований нескольких американских и международных организаций, в данной статье проведен сравнительный анализ атомных электростанций с другими энерготехнологиями и рассмотрены следующие факторы конкурентоспособности проектов АЭС:

- стоимость вырабатываемой электроэнергии,
- капитальные затраты,
- внутренняя норма доходности (IRR) проекта сооружения АЭС,
- комплексное управление проектом сооружения АЭС.

## Конкурентоспособная стоимость электроэнергии – базовое условие развития атомной энергетики

Ключевым моментом любой стратегии развития атомной энерготехнологии является стоимость электроэнергии, вырабатываемой АЭС и поступающей на рынок. Для анализа этого показателя в исследовании Университета Чикаго «Экономическое будущее атомной энергетики» рассматривается уравновешенная стоимость электроэнергии (levelized cost of electricity – LCOE) различных источников энергии и типов АЭС [5, с. 1–1]. LCOE – это цена электроэнергии, отпускаемой непосредственно с электростанции, т.е. цена «на шинах». Согласно чикагскому исследованию, для того чтобы быть конкурентоспособной по сравнению с ценами на электроэнергию в базовой нагрузке других источников энергии, LCOE АЭС должна покрывать эксплуатационные расходы плюс удельные капитальные затраты за год.

Не рассматривая сложности учета налогов, проанализируем различные расчеты LCOE до налогообложения для АЭС, угольных ТЭС и парогазо-

Общим во всех четырех моделях является два момента:

- Согласно методологии оценки LCOE, для расчета стоимости электроэнергии в центах на киловатт-час (или долларах на МВт-ч) складываются амортизированные капитальные затраты и текущие эксплуатационные расходы.

- Для сооружения АЭС привлекаются финансовые ресурсы: собственные или кредитные. Оба типа ресурсов имеют свою цену, определяемую через процентную ставку. Выплату процентов за использование этих ресурсов – так называемые затраты на финансирование (financing costs) – необходимо учитывать при определении капитальных затрат и стоимости электроэнергии АЭС.

Перейдем к рассмотрению составляющих уравновешенной стоимости электроэнергии – LCOE.

В значительной степени за уровень LCOE отвечают капитальные затраты (capital costs). Они возникают в период сооружения электростанции, когда происходят фактические вложения в оборудование и человеческие ресурсы, используемые для инжиниринга и строительства. Капитальные затраты складываются из моментальных затрат и затрат на финансирование (затрат на выплату процентов за привлекаемый капитал).

Моментальные затраты (overnight costs) очищены от затрат на финансирование и включают в себя затраты на инжиниринг, поставку оборудования и сооружение (engineer-procure-construct – EPC-costs), а также расходы владельца и непредвиденные расходы (содержание этих двух статей расходов будет подробнее рассмотрено ниже). В период сооружения на моментальные затраты начисляются процентные платежи. Когда начинается продажа электроэнергии, владелец станции начинает выплачивать моментальные затраты и процентные расходы. Цена генерируемой электроэнергии должна покрывать эти расходы плюс ежегодные затраты на топливо и техническое обслуживание АЭС.

Таким образом, для расчета всех капитальных затрат  $K$ , моментальные затраты складываются с процентными платежами, возникающими в период от начала до окончания сооружения станции [5, с. 1–5]:

$$K = \sum_t P_t * C(1+r)^{n-t+1},$$

где  $n$  – количество лет, необходимых для сооружения станции,

$C$  – все моментальные затраты до выплаты процентов,

$P_t$  – доля моментальных затрат в году  $t$ ,

$r$  – средневзвешенная процентная ставка собственных и заемных средств.

### Справка

Экономический смысл дисконтирующего множителя  $1/(1+r)^t$  заключается в следующем: он показывает «сегодняшнюю» цену одной денежной единицы будущего, т.е. чему с позиции текущего момента равна одна денежная единица, циркулирующая в проекте  $t$  периодов, спустя от момента расчета, при заданных процентной ставке (доходности)  $r$  [1, с. 357].

Мы будем рассматривать пять составляющих LCOE до налогообложения: аннуитет капитальных затрат ( $A$ ), страхование ( $I$ ), постоянные затраты на эксплуатацию и техническое обслуживание ( $M_f$ ), переменные затраты на эксплуатацию и техническое обслуживание ( $M_v$ ) и расходы на топливо ( $F$ ).

### Справка

Аннуитет капитальных затрат  $A$  – это ежегодный взнос в погашение капитальных затрат, включающих в себя долю моментальных затрат и долю на выплату процентов. Вся сумма капитальных затрат распределяется по годам на срок эксплуатации АЭС.

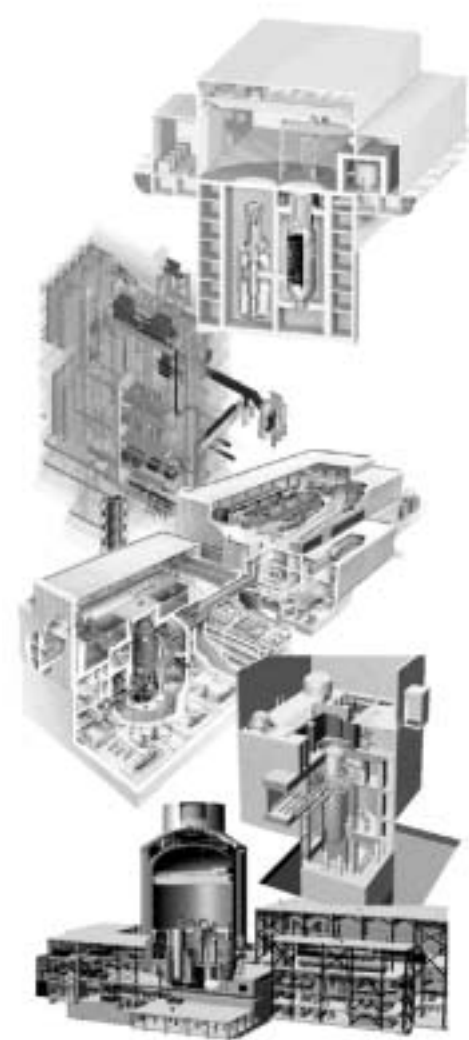


Рис. 1

Формула аннуитета капитальных затрат следующая [5, с. 1–4]:

$$A = K / [8760 * W * \sum_t CF_t / (1+r)^t],$$

где  $W$  – мощность станции в кВт,

8760 – количество часов в году,

$CF_t$  – коэффициент использования установленной мощности станции в течение года (КИУМ).

Итак, LCOE – это такая стоимость электроэнергии за кВт-ч в течение всего срока эксплуатации электростанции, которая приравнивает приведенную стоимость выручки от генерирования и продажи электроэнергии к приведенной стоимости затрат на сооружение и эксплуатацию станции.

Выручка от генерирования электроэнергии в год составляет произведение:

$$LCOE * W * 8760 * CF_t.$$

Приведенной стоимостью выручки является сумма дисконтируемых ежегодных выручек в течение всего срока эксплуатации станции, что рассчитывается по формуле:

$$PV(\text{выручка}) = (LCOE * W * 8760 * CF_t) / (1+r)^t,$$

где  $r$  – это средневзвешенная ставка дисконтирования собственных и заемных средств.

Приведенная стоимость переменных затрат рассчитывается следующим образом:

$$PV(\text{затраты}) = \sum_t (I + M_v + M_f + F) / (1+r)^t.$$

Далее, на основании приведенных стоимостей выручки и переменных затрат, а также с учетом капитальной составляющей (аннуитета), чикагское

## Факторы конкурентоспособности проектов АЭС:

- стоимость вырабатываемой электроэнергии,
- капитальные затраты,
- внутренняя норма доходности (IRR) проекта сооружения АЭС,
- комплексное управление проектом сооружения АЭС

ционирования атомной отрасли. Основные страны-поставщики атомных технологий – Франция, США и Россия – избрали разные модели развития атомной индустрии.

Во Франции развитие атомного комплекса является государственной задачей, именно государство владеет контрольными пакетами акций основных компаний атомной индустрии. Госпротекция позволяет компаниям наращивать свои технологии и эффект от масштаба производства. Вопросы инвестиционной привлекательности и конкурентоспособности «атомпрома» решаются на базе стратегической важности атомных технологий для энергетической безопасности Франции.

В России развитие атомной промышленности сегодня не является столь насущным государственным приоритетом, как во Франции. Более близким для нас сейчас является опыт США, где на дерегулированном энергетическом рынке присутствует сильный либерализм. Высокая стоимость и риски сооружения АЭС стимулировали компании США, являющиеся частными, исследовать новые механизмы повышения инвестиционной привлека-

вых установок на базе нескольких экономических моделей. Будем сравнивать модель GenSim (2002 г.), модель Международной корпорации прикладной науки (Science Applications International Corporation – SAIC, 2002 г.), модель Scully Capital (2003 г.) и модель Администрации энергетической информации (2004 г.).

В различных исследованиях LCOE оценивается по-разному, что имеет ряд объективных причин: для анализа брались различные технологии АЭС, имеющие разный опыт апробирования, разные условия финансирования собственных и заемных средств, различные периоды сооружения, а также разный уровень оптимистичности или пессимистичности в оценках затрат.

Модели имеют различные базы исследования: GenSim и Администрация энергетической информации рассматривают некую обобщенную технологию АЭС, в модели SAIC анализируются несколько атомных технологий – эксплуатирующихся и существующих только в проекте, а Scully Capital исследует только модернизированный реактор AP-1000 (табл. 1).

исследование дает следующую формулу для расчета LCOE:

$$LCOE = A + I + M_f + M_v + F.$$

Затраты на страхование  $I$  рассчитываются на базе капитальных затрат:

$$I = C * \text{Страховая премия}.$$

Постоянные затраты на эксплуатацию и техническое обслуживание  $M_f$  включают в себя множество составляющих, включая зарплату рабочих. Эти затраты скорее зависят от размера электростанции, чем от ее выработки и рассчитываются в долларах на кВт:

$M_f$  = фиксированные затраты в \$/кВт \* размер станции в кВт \* срок эксплуатации.

Переменные затраты на эксплуатацию и техническое обслуживание  $M_v$  выражаются в долларах на кВт-ч и напрямую включаются в формулу расчета LCOE.

Расходы на топливо  $F$  рассчитываются по формуле  $F*HR$ , где  $F$  – стоимость топлива в долларах на млн. Британских тепловых единиц,  $HR$  – тепловая мощность на млн Британских тепловых единиц.

Данная модель расчета LCOE не рассматривает расходы на вывод из эксплуатации и дезактивацию. Это вызвано тем, что после дисконтирования этих расходов на начальный период (при сорока или шестидесятилетнем периоде эксплуатации АЭС) их размеры незначительно влияют на уровень LCOE.

В табл. 2 представлены вклады рассмотренных выше статей затрат в электроэнергию от АЭС (с модернизированным кипящим реактором ABWR и реактором AP-1000), ТЭС и парогазовой установки. По данным табл. 2 видны преимущества парогазовых установок перед АЭС и ТЭС в отношении капзатрат. В то же время, анализ затрат на топливо демонстрирует обратные результаты: конкурентоспособность АЭС в данном аспекте оказывается самой высокой. Последнее обстоятельство делает конкурентоспособность парогазовых установок менее устойчивой вследствие значительных колебаний цен на газ (влияние флуктуации стоимости топлива на стоимость вырабатываемой электроэнергии рассмотрено на рис. 1). Различия в отношении долей затрат на финансирование в LCOE (строка 5) объясняются влиянием трех основных факторов: моментальных капзатрат на кВт установленной мощности, сроком строительства и процентной ставкой.

**Стоимость электроэнергии: межстрановой анализ**

Интересно сравнить стоимость электроэнергии в разных странах. Исследование Организации

экономического сотрудничества и развития (ОЭСР) показало, что при ставке дисконтирования 5% в 7 из 13 стран, рассматривающих в своих энергетических стратегиях атомную энергетику, АЭС будут предпочтительным вариантом для развития мощностей для базовой нагрузки (табл. 3). При ставке дисконтирования 10% преимущество атомной энергетики перед угольными ТЭС сохранилось только во Франции, России и Китае [6].

В 1999 г. атомное подразделение немецкой компании Siemens (сейчас входящее в компанию Framatome ANP) опубликовало экономический анализ, сравнивающий парогазовые установки с новыми проектами АЭС: европейским реактором с водой под давлением EPR-1500 и кипящий реактор SWR-1000. Оба проекта при стоимости вырабатываемой на них электроэнергии 2,6 евроцента/кВт-ч и при ставке дисконтирования 8% оказались конкурентоспособными по сравнению с газовыми технологиями. Эксплуатирующийся реактор немецкого проекта Konvoi, на базе которого развивались технологии EPR, вырабатывает электроэнергию по цене 3,0 цента/кВт-ч, что покрывает все капитальные затраты. После полной амортизации стоимость электроэнергии от АЭС данного проекта сокращается до 1,5 центов/кВт-ч [6].

Финское исследование, опубликованное в 2000 г., продемонстрировало преимущество атомной энергетики по показателю стоимости электроэнергии. Согласно данному исследованию, стоимость электроэнергии от АЭС составляет 2,4 цента/кВт-ч, от угольной ТЭС – 3,18 цента/кВт-ч, от ТЭС на природном газе – 3,21 цент/кВт-ч (при КИУМ 91%, процентной ставке 5% и 40-летнем сроке эксплуатации) [6].

Финское исследование количественно определило зависимость стоимости электроэнергии различных источников энергии от стоимости топлива (рис. 1). Удвоение стоимости топлива имеет различные последствия для различных энерготехнологий: стоимость электроэнергии АЭС увеличится на 9%, угольных ТЭС – на 31%, а газовых ТЭС – на 66%.

Королевская Академия Великобритании в 2004 г. выпустила Доклад по инжинирингу, в котором стоимость электроэнергии от новых электростанций Великобритании рассчитывается с учетом большего количества факторов, чем в исследованиях ранее. Речь идет о дополнительной оценке затрат на резервные мощности для ветряных установок и оценке стоимости выбросов углекислого газа. Для целей данного исследования был принят диапазон взиманий за одну тонну углекислого газа CO<sub>2</sub> от 0 до 30 фунтов стерлингов. При таких условиях подсчета стоимость электроэнергии от АЭС оказалась более конкурентоспособной, чем стоимость электроэнергии от ветряных, парогазовых и

некоторых других установок на возобновляемых источниках энергии. Рис. 2 показывает потенциальное увеличение стоимости производства электроэнергии при внедрении налога на выбросы CO<sub>2</sub>. Стоимость электроэнергии без учета выбросов CO<sub>2</sub> представлена на уровне современного положения.

**Лепта капитальных затрат**

Показатель капитальных затрат является очень важным для конкурентоспособности атомных энерготехнологий, т.к. именно эти затраты делают наибольший вклад в уравновешенную стоимость электроэнергии (LCOE).

Оценки моментальных капитальных затрат АЭС варьируются от \$1000/кВт до \$2300/кВт. Это объясняется различием в технологиях, но иногда и для одинаковых типов АЭС оценки капзатрат различаются, например, по причине разновременных оценок или оценок в условиях разных стран.

Еще одной значительной причиной расхождения оценок моментальных капзатрат является различные допущения на непредвиденные расходы [5, с. 3–9]. Стоимость основного оборудования АЭС фиксируется по твердой цене, сверх которой поставщики оборудования включают в калькуляцию стоимости сооружения еще дополнительные расходы, связанные с непредвиденными обстоятельствами. Эти расходы напрямую включаются в сумму сделки как непредвиденные расходы и целиком взимаются с покупателя в любом случае, произошли ли или нет непредвиденные обстоятельства. В зависимости от того, какая доля непредвиденных расходов была фактически потрачена, варьируется прибыль поставщика по проекту.

**Моментальные капзатраты**

Обычно моментальные капзатраты подразделяются на три группы расходов, которые размещаются по 10–11 счетам. В табл. 4 приведено разделение затрат по этим счетам для модернизированного кипящего реактора стандартного проекта, с учетом их распределения по трем принципиальным составляющим: затраты на оборудование, рабочую силу и материалы. Числовое представление затрат представлено в табл. 5, а в табл. 6 сравнение капзатрат модернизированного легко-водного реактора (ALWR) и модернизированного кипящего реактора (ABWR).

Согласно классификации, используемой Министерством США (DOE), все моментальные затраты в табл. 4 распределены на прямые и непрямые. Эти две группы затрат, в среднем, составляют около 80% всех моментальных капзатрат.

В группе непрямых расходов требуют пояснения статьи «Инжиниринг и услуги домашнего офиса» и «Авторский надзор и услуги офиса на пло-

**ИНФОРМАЦИОННАЯ МОЗАИКА**

Май, 2005 год

**«Атомная энергетика «слишком опасна» для использования», – заявила шведский министр**

«Атомная энергетика и связанное с ней обращение с отработанным ядерным топливом – «чрезвычайно опасная технология», которая не может использоваться для решения проблем Швеции по сокращению выбросов парниковых газов», – заявила членам Парламента министр по окружающей среде Лена Соммештад (Lena Sommestad) на дебатах 24 мая 2005 г.

Правительство Швеции официально обязалось вывести АЭС из эксплуатации, хотя имели место заявления, что оно подтвердит лицензии энергоблоков повышенной мощности после модернизации, которая начинается в настоящее время.

В ответ на вопрос Мари Валгрэн (Marie Wahlgren) – представителя либеральной партии – Соммештад выступила в защиту стратегии социально-демократического Правительства по климату и сокращению выбросов. Г-жа Соммештад заявила: «В мире нет другой страны с более амбициозной политикой по климату. Многие страны установили себе цели, выше тех, которые определены Киотским протоколом. Мы же установили себе такие цели при отказе от углеводородов. Теперь все наблюдают, как мы справимся с поставленной задачей, поэтому на нас возложена большая ответственность».

Либералы выступают за сооружение нового атомного энергоблока в Швеции. Г-жа Валгрэн указала на то, что полностью заменить атомную энергетику возобновляемыми источниками энергии не представляется возможным, и выбывающие мощности будут возмещаться газовыми мощностями, а также за счет датских и немецких ТЭС на угле. Сейчас Швеция импортирует электроэнергию из обеих этих стран.

Г-жа Валгрэн считает, что Швеция могла бы использовать гидроэнергетику для возмещения 50% электроэнергии, которые сейчас поступают от АЭС. Для этого необходимо снять ограничения на развитие гидроэнергетики на четырех основных реках. Однако либералы категорически против этого.

Stockholm (Platts) 02.06.2005

**Франция обдумывает ядерное сотрудничество с Ливией**

Франция будет сотрудничать с Ливией в сфере гражданских атомных технологий, но содержание сотрудничества пока не определено. Представитель Министерства иностранных дел Франции заявил, что Ливия представила официальный запрос на сотрудничество в сфере гражданской атомной энергетики. В свете того, что Ливия подписала с МАГАТЭ дополнительный протокол по безопасности, проводя политику разоружения, Франция решила позитивно ответить на запрос. «Мы сейчас на этапе исследования, – говорится в заявлении, – Скоро мы предложим Ливии соглашение по дальнейшим действиям». Недавно для оценки ситуации Ливию посетил французский представитель. Все существующие энергетические ядерные установки Ливии поставлялись, в основном, бывшим СССР.

Paris (Platts) 31.05.2005

Энерготехнология	Модель GenSim		Модель SAIC			Модель Scully Capital			Модель Администрации энергетической информации	
	г=10%	г=15%	Процент по кредиту г=8%; ставка дисконтирования г=8%	Процент по кредиту г=10%; ставка дисконтирования г=8%	Процент по кредиту г=10%; ставка дисконтирования г=10%	г=8%	г=10%	г=10%	Процент по кредиту г=10%; ставка по акциям =15%; ставка дисконтирования г=10%	Процент по кредиту г=8%; ставка по акциям =15%; ставка дисконтирования г=10%
АЭС (капзатраты)	51 (1853)	83 (1853)								
Стандартная АЭС (капзатраты)			65 (2000)	70 (2000)	77 (2000)					
Новая АЭС, базовый случай (капзатраты)									63 – 68 (1752 – 1928)	
ABWR (капзатраты)			53 (1600)	50 (1600)	55 (1600)					
AP-1000 (капзатраты)			49 (1365)	46 (1365)	51 (1365)	36 (1247)	40 (1247)	44 (1455)		
Газотурбинный модульный гелиевый реактор GT-MHR (капзатраты)			39 (1126)	39 (1126)	43 (1126)					
ТЭС, уголь (капзатраты)	37 (1094)	48 (1094)	43 (1350)	44 (1350)	49 (1350)					38 (1169)
Парогазовая установка с комбинированным циклом (капзатраты)	35 (472)	40 (472)	38 (590)	38 (590)	40 (590)					41 (466)
Газотурбинные установки (капзатраты)	56 (571)	68 (571)								
Солнечные фотогальванические установки	202	308								
Солнечные термические установки	158	235								
Ветряная установка	55	77								

Таблица 1. Сравнение стоимости электроэнергии "на шинах", \$/МВт-ч при капитальных затратах в \$/кВт, цены 200 г. [5, с. 1-8]

Тип электростанции	ABWR	AP-1000	ТЭС на пылевидном угле	Парогазовая установка
Моментальные капзатраты, \$/кВт	1 600	1 365	1 350	590
Средневзвешенная стоимость капитала (WACC), %	13,5	13,5	8	8
Срок строительства, года	7	7	4	3
Доля моментальных капзатрат в стоимости электроэнергии LCOE, %	37,4	35,7	49,9	27,1
Доля затрат на финансирование в LCOE, %	26,6	25,4	10,8	4,6
Доля всех капзатрат в LCOE (сумма строк 4 и 5), %	64,0	61,1	60,7	31,7
Доля затрат на эксплуатацию и техническое обслуживание в LCOE, %	28,2	30,4	13,6	5,3
Доля расходов на топливо в LCOE, %	7,8	8,5	25,7	63,0

Таблица 2. Иллюстрация взаимосвязи капзатрат и стоимости электроэнергии (LCOE) от различных источников (сумма строк 6+7+8=100%) [5, с. 3–16]

	АЭС	Уголь	Газ
Франция	3.22	4.64	4.74
Россия	2.69	4.63	3.54
Япония	5.75	5.58	7.91
Ю.Корея	3.07	3.44	4.25
Испания	4.10	4.22	4.79
США	3.33	2.48	2.33-2.71
Канада	2.47-2.96	2.92	3.00
Китай	2.54-3.08	3.18	-

Таблица 3. Прогноз стоимости электроэнергии 2005–2010 гг. (в центмах 1997 г/кВт-ч, ставка дисконта=5%, 30-летний срок эксплуатации, КИУМ=75%)

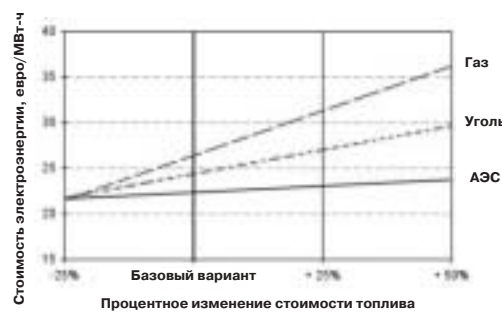


Рис. 1. Влияние флуктуации стоимости топлива на стоимость вырабатываемой электроэнергии (Финляндия, 2000 г.) [6]

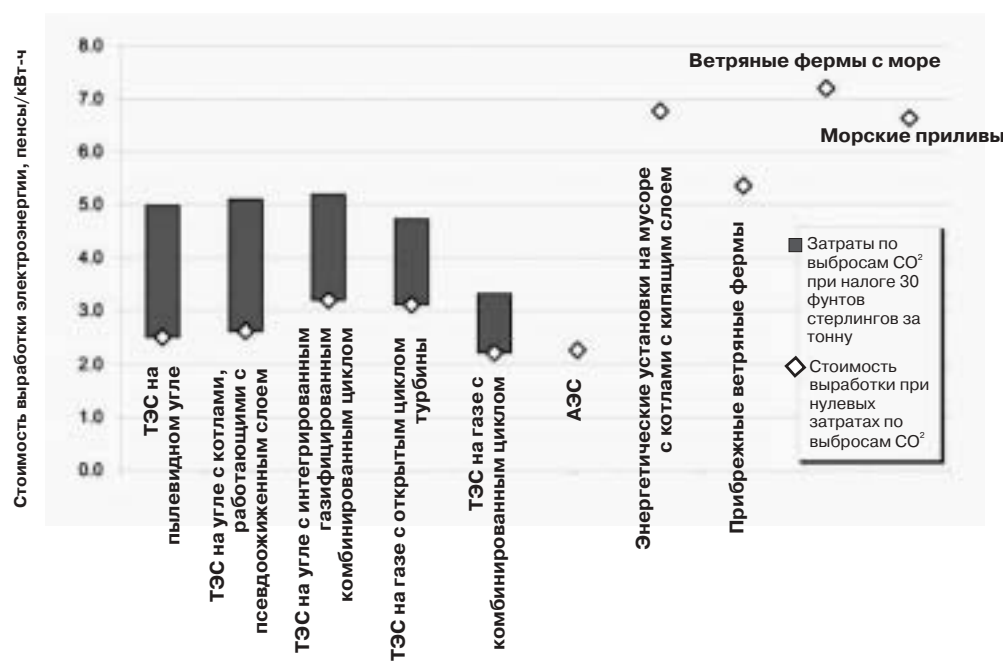


Рис. 2. Стоимость электроэнергии с учетом стоимости выбросов углекислого газа (от 0 до 30 фунтов стерлингов) [4, с. 11]

Счет	Описание	(1) Заводская стоимость оборудования, %	(2) Стоимость рабочей силы на площадке, %	(3) Стоимость материалов на площадке, %	(4) Стоимость по счету, в процентной доле от общих затрат (сумма колонок 1–3), %
<b>Прямые моментальные капзатраты</b>					
21	Структуры и улучшения, включая диспетчерское управление	1,6	7,7	4,5	13,9
22	Оборудование ядерного острова	17,0	2,5	0,9	20,4
23	Оборудование турбинного зала	12,5	1,7	0,5	14,7
24	Электротехническое оборудование	2,5	1,3	0,6	4,4
25	Различное прочее оборудование	1,5	1,3	0,4	3,1
26	Охлаждающее оборудование	2,2	1,0	0,1	3,4
Прямые затраты ИТОГО		37,3	15,5	7,0	59,8
<b>Непрямые моментальные капзатраты</b>					
91	Работы по сооружению	3,5	5,0	4,5	13,0
92	Инжиниринг и услуги домашнего офиса	6,4			6,4
93	Авторский надзор и услуги офиса на площадке	4,3	0,6	0,6	5,6
Непрямые затраты ИТОГО		14,2	5,6	5,1	24,9
<b>Прочие моментальные капзатраты</b>					
94	Расходы владельца	–	–	–	5,1
96	Непредвиденные расходы	–	–	–	10,2
95	Затраты на новый инжиниринг (FOAKE)				Для этой станции уже оплачены
<b>ИТОГО</b>		<b>51,5</b>	<b>21,1</b>	<b>12,1</b>	<b>100,0</b>

Таблица 4. Процентное распределение моментальных капзатрат по счетам для модернизированного кипящего реактора (ABWR)

щадке». Первая группа расходов относится к адаптации уже полностью отработанного проекта под конкретную площадку и к административным услугам, обеспечивающим сооружение АЭС. Статья «Авторский надзор и услуги офиса на площадке» включает в себя авторский надзор и инжиниринг на площадке [5, с. 3–10].

К этим прямым и косвенным затратам добавляется статья непредвиденных расходов (contingencies). Поставщики АЭС должны обосновать данные расходы перед заказчиком, и их окончательные суммы, до некоторой степени, являются результатом переговоров. Иногда правительства соглашаются покрыть данные расходы на непредвиденные обстоятельства. Эти расходы могут составить от 9 до 12% от всех прямых и косвенных расходов или могут быть равны нулю.

Еще одной категорией расходов являются расходы владельца (owner's costs), которые оплачиваются напрямую заказчиком. Эта статья включает в себя расходы на тестирование систем, обучение персонала, различные инспекции и т.д. Расходы владельца составляют 5–10% от прямых и косвенных расходов.

За последние годы произошла значительная эволюция методики расчета стоимости АЭС. Важным продуктом этого развития является принципиальное выделение затрат на проектирование нового типа реактора – first-of-its-kind-engineering (FOAKE) – в отдельную статью. FOAKE-затраты могут варьироваться от \$300 млн до \$600 млн и составлять до 30% стоимости первого реактора нового типа. Для последующих реакторов данного типа используется уже разработанный проект, и инжиниринговые работы касаются только адаптации проекта под конкретную площадку, что отражается в счете 92 «Инжиниринг и услуги домашнего офиса».

Уже классическими являются следующие направления для представления экономии при расчете капзатрат новых реакторов:

- Капзатраты на новые энергоблоки могут не включать в себя FOAKE-затраты, а рассчитываться для так называемого n-го энергоблока, когда FOAKE-затраты уже возмещены, или равномерно распределяться на первые n блоков.
- Другой возможностью уменьшения оценок капзатрат является удельный расчет стоимости одного блока для АЭС с двумя стандартными блоками. Мировой опыт сооружения АЭС показывает, что при строительстве многоблочной станции экономия может достичь 15% моментальных капзатрат.

### Внутренняя норма доходности (IRR) как совокупный показатель финансовой привлекательности проекта сооружения АЭС для инвестора

В условиях рынка для реализации проекта сооружения АЭС необходимо доказать его выгодность для инвестора по сравнению с альтернативными проектами. Используем для этого финансовый инструмент – показатель внутренней нормы доходности (Internal Rate of Return – IRR) и оценим влияние стоимости сооружения АЭС (ЕРС-затрат) и цены электроэнергии на этот один из основных коммерческих показателей проекта АЭС.

#### С п р а в к а

IRR используется для оценки стоимости привлеченных ресурсов (процентов по кредиту или дивидендов) и является коэффициентом дисконтирования, при котором приведенная стоимость денежного потока от инвестиций равняется стоимости инвестиций. IRR показывает, какой верхний уровень процентной ставки является приемлемым, а за которым проект убыточен. IRR сравнивается

с ценой привлеченных финансовых ресурсов (Cost of Capital – CC). Должно выполняться условие: IRR > CC. Соответственно, чем выше IRR, тем больше возможностей найти необходимое количество инвестиционных ресурсов на рынке.

Анализа чувствительности IRR проекта к ЕРС-затратам и цены электроэнергии показал, что показатель IRR улучшается (растет) при снижении капитальных затрат на сооружение АЭС. При изменении ЕРС-затрат от \$1,6 млрд до \$1 млрд при цене на электроэнергию в размере \$35/МВт-ч, показатель IRR увеличивается с 7,3% до 9,3% [2, с. 17].

С другой стороны, IRR значительно подвержен влиянию со стороны показателя цены на электроэнергию. При показателе ЕРС-затрат равном \$1,2 млрд, изменение цены на электроэнергию на \$2/МВт-ч (6-процентное изменение) приводит к 1-процентному изменению IRR.

При цене на электроэнергию ниже \$35/МВт-ч, сооружение новых АЭС не будет привлекательным инвестиционным проектом. При самой высокой цене на электроэнергию, рассмотренной в анализе (\$45/МВт-ч), даже самые дорогие проекты АЭС становятся реализуемыми с точки зрения показателя IRR. Табл. 7 показывает достаточно большую зону, где инвестиционный проект сооружения АЭС является выполнимым.

Рассмотрим некоторые методы повышения инвестиционной привлекательности проекта сооружения АЭС, в том числе с привлечением государственной поддержки. В мировой практике рассматриваются и используются следующие механизмы повышения конкурентоспособности проектов сооружения АЭС:

- гарантии правительства по компенсациям генерирующей компании при падении рыночных цен на электроэнергию;
  - соглашения о гарантированных покупках электроэнергии;
  - ускоренная амортизация (для уменьшения подоходного налога и увеличения денежных потоков);
  - поддержка кредитов;
  - налоговые льготы на производство и инвестиции;
  - включение проекта в программу льгот по сокращению экологически опасных выбросов (аналогично проектам ветряной энергетики).
- Все эти меры повышают коммерческие показатели проектов АЭС, включая IRR. Численная оценка влияния некоторых методов приведена в табл. 8.

Поясним фактор «Льготы по эмиссиям» из табл. 8. Эта практика реализуется в ветряной энергетике. Поскольку ветряные установки не производят выбросов вредных веществ в атмосферу, то для поощрения их развития владельцам ветряков предоставляются кредитные и налоговые льготы. АЭС также являются экологически чистыми источниками энергии. В США, например, атомная энергетика обеспечивает около 2/3 выработки электроэнергии без выбросов. Это дает право ряду исследователей выдвигать предложение о внедрении подобной системы «Льгот по эмиссиям» в атомную энергетику [3, с. 4].

Интересным примером использования механизма гарантированных покупок электроэнергии является опыт Финляндии. Когда финская компания TVO объявила о сооружении пятого энергоблока АЭС, то более 50 заинтересованных заказчиков (представителей крупной промышленности и муниципалитетов) заключили с TVO соглашения о гарантированных покупках электроэнергии от пятого

Счет	Описание	Оценка
21	Структуры и улучшения, включая диспетчерское управление	198
22	Оборудование ядерного острова	290
23	Оборудование турбинного зала	210
24	Электротехническое оборудование	62
25	Различное прочее оборудование	45
26	Охлаждающее оборудование	48
<b>Прямые затраты ИТОГО</b>		<b>853</b>
91	Работы по сооружению	186
92	Инжиниринг и услуги домашнего офиса	91
93	Авторский надзор и услуги офиса на площадке	79
<b>Непрямые затраты ИТОГО</b>		<b>356</b>
94	Расходы владельца	73
96	Непредвиденные расходы	145
<b>ИТОГО</b>		<b>1 426</b>

Таблица 5. Оценка моментальных капитальных затрат: модернизированный кипящий реактор, стандартный проект, \$ млн/установленный МВт (в ценах 2001 г.) [5, с. 3–13]

	Доклад Scully Capital, модернизированный легко-водный реактор 1100 МВт (ALWR)		Модернизированный кипящий реактор (ABWR)
	\$/кВт	Доля моментальных капзатрат, %	Доля моментальных капзатрат, %
Прямые и не прямые затраты	1 190	88,1	84,7
Затраты на пуско-наладку/ расходы владельца	85	1,5	5,1
Непредвиденные расходы	20	6,3	10,2
Расходы на развитие	55	4,1	—
Общие моментальные капзатраты на кВт установленной мощности	1 350	—	1 246
Затраты на финансирование как процент от моментальных капзатрат	17 – 24	—	21 – 29
FOAKE-затраты как процент от моментальных капзатрат	24	—	плачены

Таблица 6. Составляющие моментальных и общих капзатрат: сравнение модернизированного легко-водного реактора (ALWR) и модернизированного кипящего реактора (ABWR) [5, с. 3–14]

\$/кВт (эл.) (1100 МВт (эл.))	EPC-затраты + (A) + затраты на финансирование	EPC-затраты	Стоимость электроэнергии				
			\$25	\$30	\$35	\$40	\$45
(1)=(2)/1100	(2)	(3)	IRR →				
\$1 943	\$2,14 млрд.	\$1,6 млрд.	2,5%	5,1%	7,3%	9,4%	11,4%
\$1 708	\$1,88 млрд.	\$1,4 млрд.	2,8%	5,8%	8,2%	10,5%	12,7%
\$1 475	\$1,62 млрд.	\$1,2 млрд.	3,4%	6,6%	9,3%	11,9%	14,4%
\$1 247	\$1,37 млрд.	\$1,0 млрд.	4,2%	7,6%	10,7%	13,7%	16,6%

Таблица 7. Анализ чувствительности: EPC-затраты против стоимости электроэнергии. (A) – расходы на развитие, затраты на пуско-наладку/ расходы владельца, непредвиденные расходы. [2, с. 17]

Пороговый уровень IRR	10%	A	B	C	D	E	F	G	H	I
	\$1,2 млрд. EPC-затраты Базовый случай	Сниженные EPC-затраты \$1,0 млрд.	Повышенные EPC-затраты \$1,6 млрд.	Повышение стоимости электроэнергии для получения IRR 10%	Эффект от снижения процентной ставки до 6%	Эффект от займа Правительства	Эффект от гарантированных покупок электроэнергии по \$50/МВт-ч	Эффект от льгот по эмиссиям	EPC-затраты \$1,6 млрд. с займом Правительства	EPC-затраты \$1,6 млрд. с комбинацией факторов
EPC-затраты (\$ млрд.)	\$1,2	\$1,0	\$1,6	\$1,2	\$1,2	\$1,2	\$1,2	\$1,2	\$1,6	\$1,6
Расходы на топливо (млн./кВт-ч)	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0
Стоимость электроэнергии (\$/МВт-ч)	\$35	\$35	\$35	\$36,4	\$35	\$35	\$35	\$35	\$35	\$35
Средний КИУМ	90%	90%	90%	90%	90%	90%	90%	90%	90%	90%
Отношение долга и собственного капитала	50/50	50/50	50/50	50/50	50/50	50/50	50/50	50/50	50/50	50/50
Процентная ставка (кредит на 20 лет)	8%	8%	8%	8%	6%	8%	8%	8%	8%	8%
Заем от Правительства (привилегированные акции, \$ млн.)	—	—	—	—	—	\$107	—	—	\$480	\$200
Соглашение о покупках электроэнергии по 50\$/МВт-ч для 50% выработки	—	—	—	—	—	—	3 года	—	—	10 лет
Льготы по эмиссиям (процент увеличения прибыли)	—	—	—	—	—	—	—	4%	—	—
IRR после налогообложения	9,3%	10,7%	7,3%	10,0%	9,9%	10,0%	10,0%	10,0%	10,0%	10,0%

Таблица 8. Влияние потенциальных факторов повышения IRR (из анализа чувствительности) [2, с. 18]



Рис. 3. Влияние времени принятия решения на конечную стоимость АЭС [7, с. 4]

блока по фиксированной цене. Эти соглашения покрывали около 90% будущей выработки энергоблока [3, с. 3].

### Эффективное управление проектом АЭС – фактор повышения конкурентоспособности

Все рассмотренные выше факторы экономической конкурентоспособности АЭС интегрируются через управление проектом АЭС. Управление проектом представляет собой методологию организации, планирования, руководства, координации человеческих и материальных ресурсов на протяжении жизненного цикла проекта, направленную на эффективное достижение его результа-

тов по составу и объему работ, стоимости, времени, качеству.

В последние 10 лет (когда было полностью заморожено широкомасштабное строительство АЭС) образовалась новое направление развития бизнеса – предоставление услуг по управлению проектами на базе систем автоматизированного проектирования со средствами АСУ ТП объекта. Создание и внедрение автоматизированной системы проектирования и управления технической информацией проекта, используемой на всем жизненном цикле, является основной задачей и важнейшей частью современного проекта АЭС. При этом обеспечивается высокая степень унификации и стандартизации проектов. Такой подход активно применяется в судостроении, строительстве и др. об-

ластях, но в области атомной индустрии на сегодня уровень управления проектами не соответствует техническим возможностям программно-технического обеспечения даже в ведущих западных компаниях.

В современном промышленном инвестиционном проекте продукция, мощность и место размещения АЭС определяются на этапах разработки концептуального проекта и работ предварительного инженеринга. На этом же этапе выбираются решения по процессам, производственные стратегии, логистические и информационные системы. Эти ключевые решения влияют на стоимость сооружения станции, затраты на ее будущую эксплуатацию и рентабельность в целом.

Конкурентоспособность проектов напрямую зависит от их комплексного управления, правильности постановки задачи и результатов НИОКР, своевременности внедрения этих результатов. Основная экономия издержек комплексных проектов достигается за счет эффективного инженеринга на ранних стадиях работ (рис. 3), который обосновывает и повышает точность оценки следующих параметров:

- техническая осуществимость;
- ресурсы и рентабельность;
- риски и воздействие на окружающую среду;
- планирование инфраструктуры;
- интеграция участников проекта на основе автоматизированной информационной системы;
- жизненный цикл;
- инвестиционные затраты.

Создание АЭС в России базируется на устаревшей практике: поставке оборудования и услуг «россыпью» разными производителями при отсутствии конкурентоспособного управления проектом. Предотвратить стагнацию системы может только повышение коммерческой эффективности проекта сооружения АЭС. Для продвижения российских компаний на высокотехнологичном мировом рынке сооружения АЭС важно эффективное управление проектом, начиная с самых первых этапов разработки.

### Движение – все, цель – ничто

В общем виде решение о выборе энерготехнологии принимается с учетом широкого спектра факторов, начиная от платежного баланса страны и заканчивая экологическими пристрастиями правящей партии. Атомная энергетика очень капиталоемкая, но в то же время топливные расходы для систем, базирующихся на ископаемом топливе, могут быть даже более значительными. Поэтому если такие страны как Япония или Франция выбирают между топливом и вариантом существенных капиталовложений в АЭС у себя на родине, то простой анализ затрат может быть менее важен, чем соображения о благе для национальной экономики в целом.

Развитие атомной энергетики обеспечивает рабочие места для национальной промышленности и минимизирует долгосрочные обязательства покупать топливо за границей. Заморские закупки для угольной ТЭС в Японии в течение всего срока эксплуатации, например, чувствительны к изменению цены на уголь, что может оказаться более серьезным бременем для национальных денежных фондов, чем импорт урана, менее дорогого в удельном исчислении.

Для России сейчас, в условиях ограниченных возможностей бюджетного финансирования, актуально развитие западной практики сооружения АЭС с привлечением частного капитала. Институциональные условия для этого зреют: акционирование концерна «Росэнергоатом» следует общемировым тенденциям. В будущем, возможно, будет осуществим переход от государственного заказа к коммерческому кредитованию под государственные гарантии и, далее, к смешанным и коммерческим схемам инвестиций. В совокупности эти факторы делают для нас ближе опыт США.

**Список источников:** 1. В.В. Ковалев. Введение в финансовый менеджмент. М.: Финансы и статистика. 2000, с. 357. 2. Business Case for New Nuclear Power Plants // Briefing for NERAC. Scully Capital. October 1, 2002. 3. J. Redding, C. Muench, R. Graber. The Business Case for Building a New Nuclear Power Plant in the U.S. // Proceedings of ICAPP. Spain. 2003. 4. The Costs of Generating Electricity. The Royal Academy of Engineering. March 2004. 5. The Economic Future of Nuclear Power. A Study Conducted at The University of Chicago. August 2004. 6. The Economics of Nuclear Power // World Nuclear Association. May 2005 (http://world-nuclear.org/info/inf02.htm). 7. JP-Engineering for Process Industry // Jaakko Pyry

## ИНФОРМАЦИОННАЯ МОЗАИКА

Май, 2005 год

### Белый дом требует больших вложений в атом

Администрация Буша выступает против закона Белого дома о бюджетном ассигновании энергетики. Критику вызывает недофинансирование программ развития новых атомных технологий, в связи с чем предлагается ассигнования в нефтегазовую отрасль перевести в атомные исследования.

Законопроект Белого дома представляет Министерству энергетики США \$46 млн на программу лицензирования пилотных энергоблоков из национальной программы «Атомная энергетика 2010», что на \$10 млн ниже требований бюджета. Критику вызывает и решение Белого дома более чем в два раза сократить финансирование проекта международного термоядерного экспериментального реактора (ИТЭР).

Neimagazine. 01.06.2005

### Ядерная регулирующая комиссия запросила на 2006 г. \$20 млн для развития новых реакторов

Ядерная регулирующая комиссия США (NRC) запросила на 2006 г. \$20 млн для подготовки заявок на лицензирование новых реакторов. NRC рассчитывает на такую же сумму и в 2007 г. Если эти заявки реализуются, то, по заявлению NRC, комиссии будет необходимо значительно увеличить свой штат.

New York (Platts) 01.06.2005

### Прибыль генерирующих компаний Германии растет вместе с продлением срока эксплуатации АЭС

Генерирующие компании Германии могут увеличить свою прибыль, если изменится политика в области атомной энергетики. Это пообещала сделать Христианская демократическая партия при условии, если она выиграет всеобщие выборы, назначенные раньше срока на осень этого года.

Замена «красно-зеленой» коалиции Социал-демократической партии и партии зеленых на «черно-желтое» правительство из христианских и либеральных демократов обеспечит продление срока эксплуатации АЭС Германии. Согласно изданию Handelsblatt, это принесет энергетическому гиганту EoN дополнительную прибыль в размере 4,6 млрд евро, что обеспечит компании и дополнительные инвестиции.

Эксперты считают, что со сменой правительства стоимость акций поставщиков электроэнергии вырастет. По словам Карла Тайса (Karl Theis), управляющего директора Ассоциации операторов больших электрических станций VGB, если АЭС продолжат свою работу, то это сэкономит до 10 млрд евро инвестиций в энергетическую отрасль до 2020 г. «Эти деньги могут быть потрачены на программы роста и создания новых рабочих мест», – заявил Тайс Handelsblatt.

London (Platts) 06.06.2005