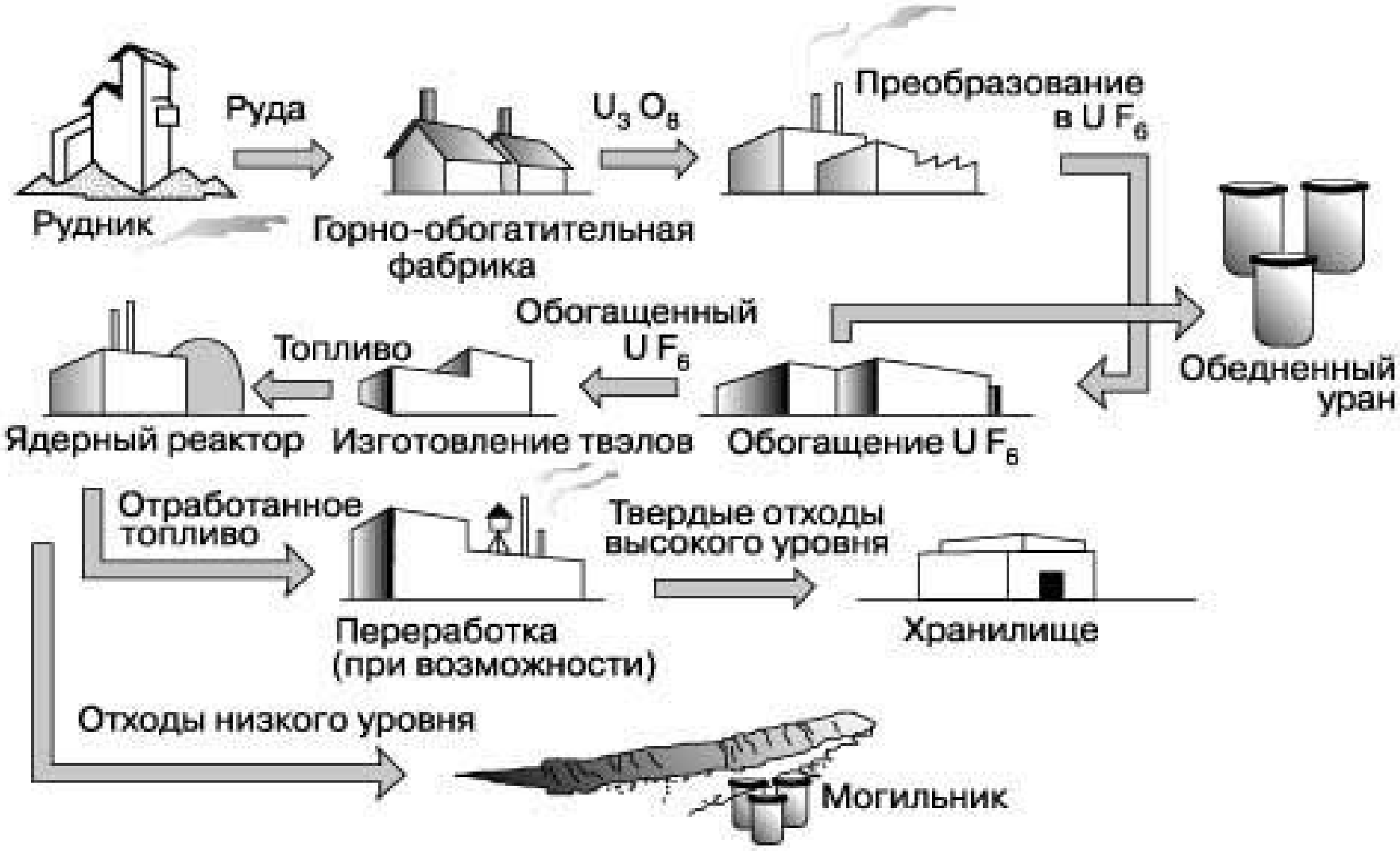
Проблемы с накоплением ОЯТ в России и дальнейшие перспективы

В.М.Кузнецов
доктор технических наук, профессор,
академик АПЭ и РАЕН,
директор программы по ядерной и радиационной безопасности Российского Зеленого Креста,
член Общественного Совета Госкорпорации «Росатом»

Все действующие АЭС мира в среднем производят 10,5 тыс. т ОЯТ в год в пересчете на тяжелый металл (ТМ), и ожидается, что эта величина возрастет до 11,5 тыс. т ТМ в год к 2010 г. Приблизительно треть всего ОЯТ подвергается переработке, а около 8 тыс. т в год требуют временного хранения. По состоянию на начало 2003 г. в хранилищах различного типа находилось около 171 тыс. т ТМ, них в тыс. т. В Западной Европе - 36,1, в Восточной Европе -27,7, Америке - 83,3, в Азии и Африке - 23,9 тыс. т ТМ. Прогнозы показывают, что к 2010 г. общее количество произведенного ОЯТ в мире достигнет 340 тыс. т ТМ. К 2020 г. (когда большинство ныне действующих АЭС выработают разрешенный срок эксплуатации) количество ОЯТ составит около 445 тыс. т ТМ. Общемировая вместимость хранилищ сегодня составляет 244 тыс. т ТМ. Это означает, что вновь образующееся ОЯТ может полностью заполнить с учетом имеющиеся резерва хранилищ (с учетом строящихся) примерно к 2017 г. Уже сейчас ситуация в разных странах и эксплуатирующих организациях весьма различна. В некоторых случаях бассейны выдержки настолько заполнены ОЯТ, что аварийная разгрузка активной зоны возможна только с осуществлением специальных мероприятий. Значительные количества плутония, содержащиеся в ОЯТ, помимо радиоэкологических проблем, являются другой острой проблемой современной ядерной энергетики - нераспространения ядерного оружия. Плутоний может быть выделен из ОЯТ и использован для создания ядерного оружия.



Принципиальная схема ядерного топливного цикла

Источники образования ОЯТ

Обращение с ОЯТ

Таблица 1

Радионуклиды, определяющие активность и токсичность ОЯТ

Временной интервал, год	Определяющие радионуклиды
До 100	Fe-55, Co-58, Ni-59, Sr-90, Ru-106, Sb-125, Cs-134,137, Ce-144, Pm-147, Eu-154,155
100-1000	Sm-151, Co-60, Cs-137,Ni-59,63
1000-10000	Pu-239,240, Am-241
10^4-10^5	Np-237, Pu-239,240, Am-243, C-14, Ni-59, Zr-93, Nb-94
>10^5	I-129, Tc-99, Pu-239

Таблица 2

Оценка накопления делящихся материалов в российском ОЯТ

Год	Масса, тыс.тонн	Количество делящихся материалов, т	
		Плутоний	U^{235}
2000	15	90	140
2010	23	140	215
2025	33	240	350
2050	50	500	650

Таблица 3

Объем (тыс.тонн) выгружаемого из реакторов АЭС России ОЯТ нарастающим итогом

Тип реактора	2000 г.	2010 г.	2025 г.
РБМК-1000	10	15.3	22.5
ВВЭР-440 (только АЭС России)	0.3*	1.0	2.0
ВВЭР-1000	2.5	3.1.	8.4

Примечание: *В хранилищах при АЭС на трехлетней выдержке.

Таблица 4

Характеристики емкостей хранилищ для хранения ОЯТ

Место размещения	Вид топлива	Емкость хранения
ПО «Маяк» завод РТ-1 (здания 101А и 801А)	ОЯТ транспортных реакторов, АЭС с реакторами ВВЭР-440, КС-150, АМБ.	~ 2500
ГХК Завод РТ-2 (здание 1)	ОЯТ АЭС с реакторами ВВЭР-1000	~ 5000 (9000 с учетом уплотненного хранения)

Примечание: без учета хранилищ ОЯТ на АЭС

Таблица 5

Данные по изменению изотопного состава в свежем и отработавшем топливе

Изотоп	Свежее топливо	ОЯТ после выгрузки из реактора, вес, %
U^{235}	3.3	0.80
U^{236}	-	0.46
U^{238}	96.7	94.30
Продукты деления	-	3.50
Pu	-	0.89
Другие трансурановые изотопы*	-	0.05
Итого:	100	100

Примечание: данные приведены для ВВЭР-1000, при КИУМ-70 %. Атомные номера трансурановых изотопов больше, чем у урана; изотопы образуются при абсорбции нейтронов (без деления) урановым топливом (в особенности U^{238})

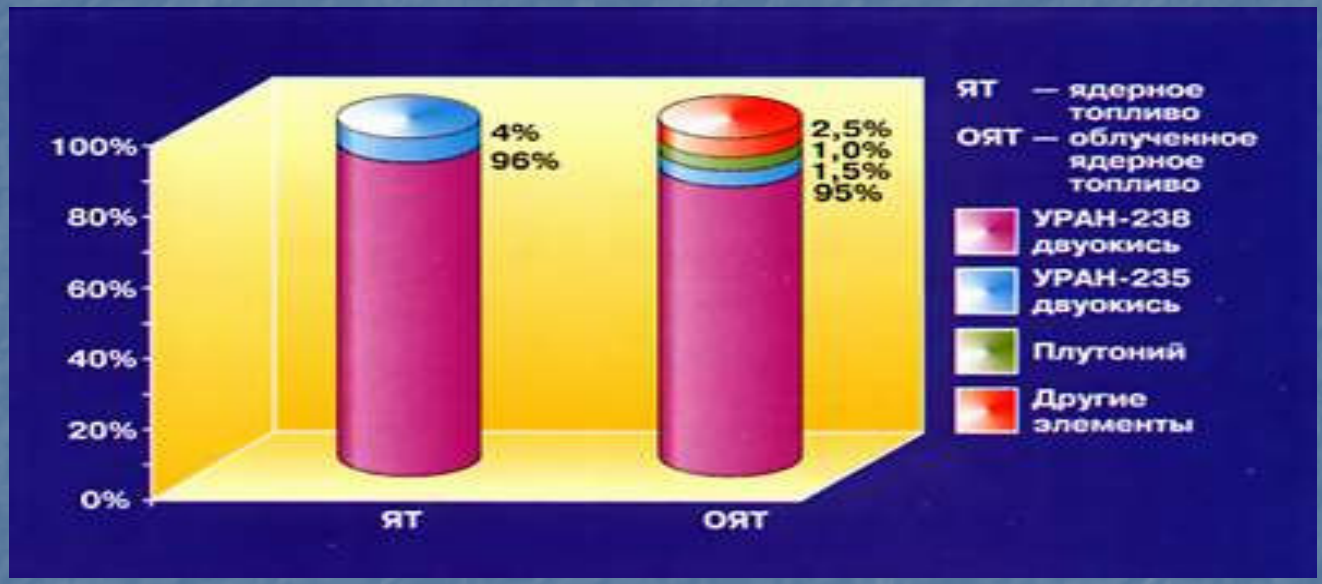


Рис.1. Изотопный состав свежего и отработавшего топлива

Таблица 6

Состав ОЯТ

Состав	Легководные реакторы	Быстрые реакторы
Уран, кг	960	856
Плутоний, кг	7	103
Продукты деления		
Цезий, Ки	142000	152000
Стронций,Ки	70300	162000
Рутений,Ки	72000	1210000
Родий,Ки	72000	1210000
Криптон, Ки	9	9

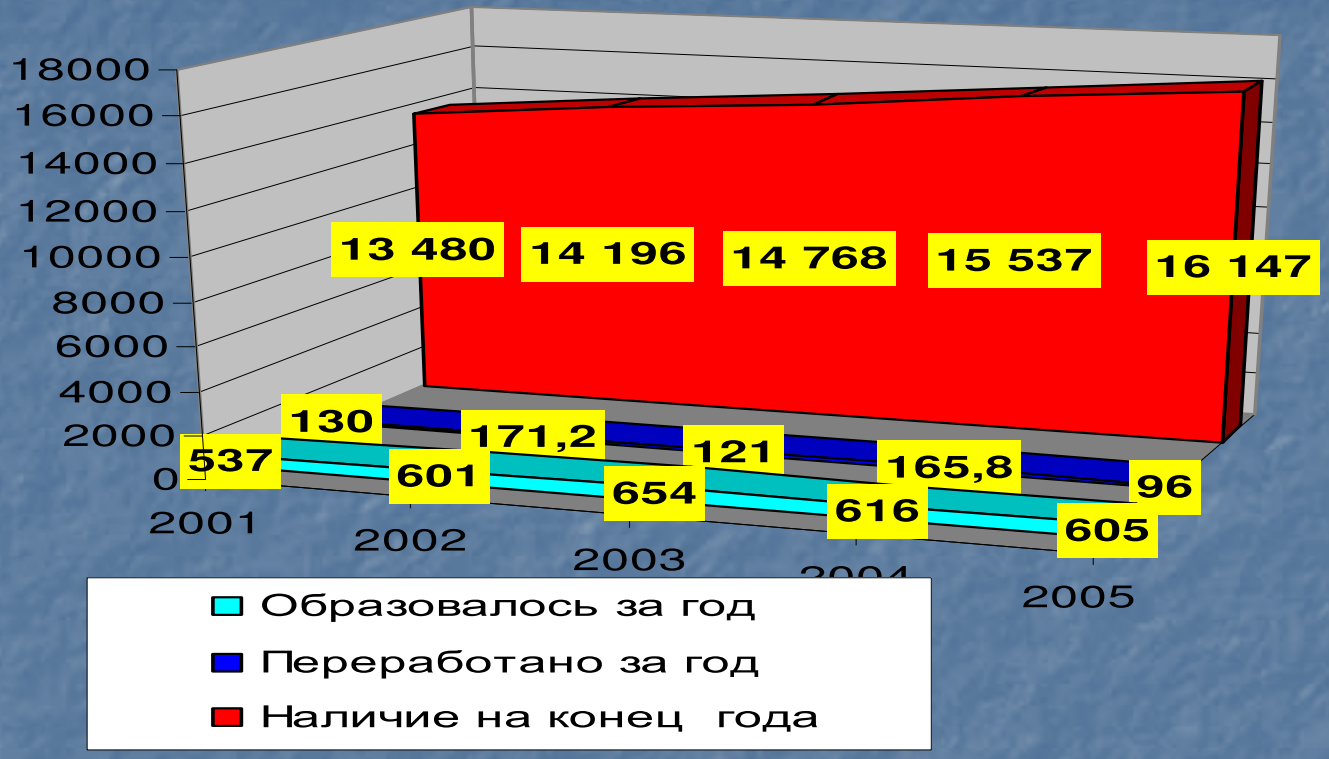


Рис.2 Динамика накопления ОЯТ на АЭС России

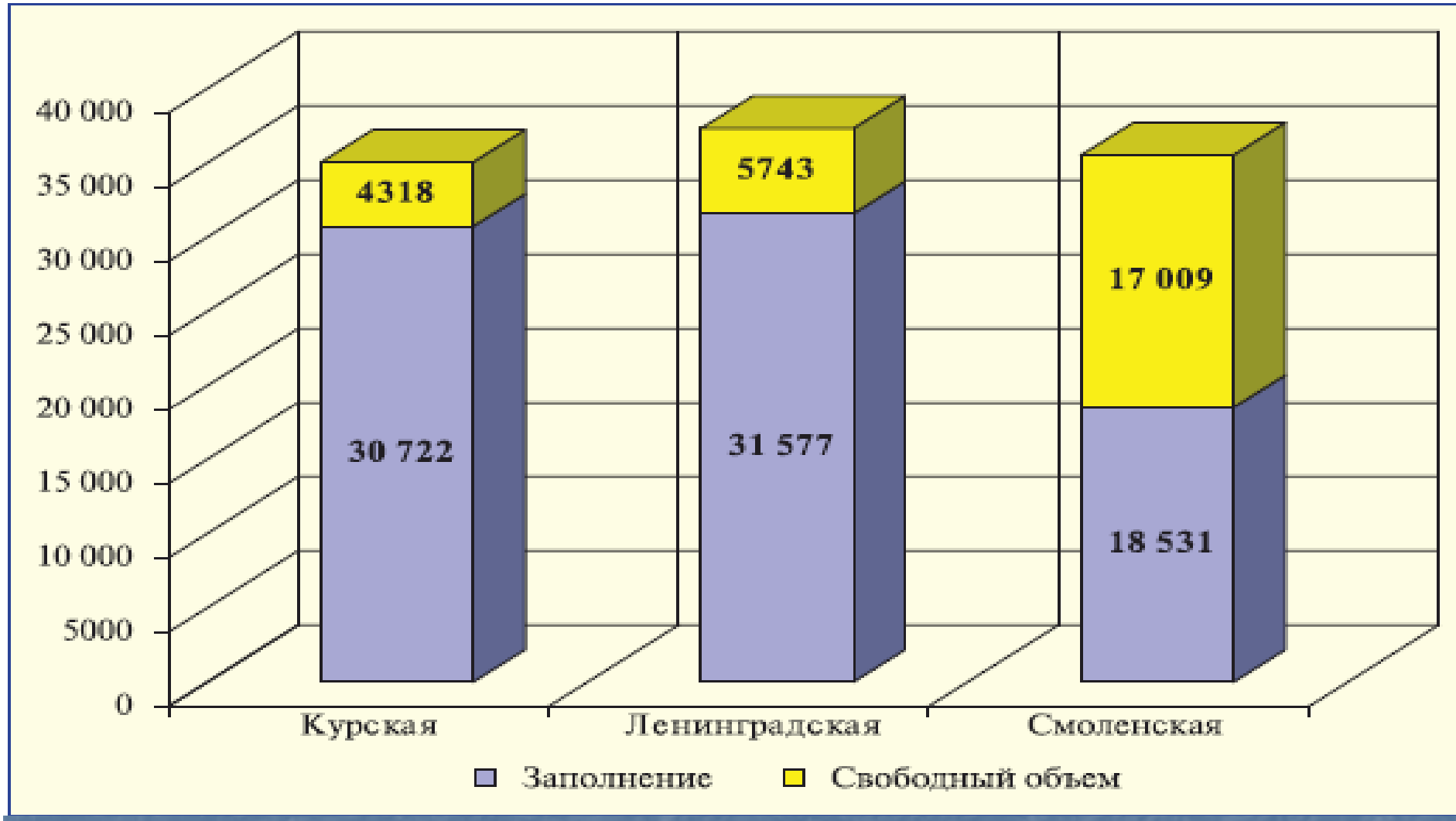


Рис. 3. Заполнение хранилищ ОЯТ в АЭС

Накопление и состояние хранение ОЯТ

Таблица

Накопление и состояние ОЯТ РБМК в пристанционных хранилищах ОЯТ (проектный срок хранения в воде 40 лет)

АЭС	Год ввода в эксплуатацию	Количество ОТВС в БВ и ХОЯТ, шт	Доля негерметичных ОТВС, %	Заполнение хранилищ, %	Продолжительность работы до заполнения, лет
Ленинградская	1973	38331	5.0	90.9	2.5
Курская	1975	1975	3.1	95.4	1.1
Смоленская	1982	20573	2.0	50.2	8.5

Таблица

Состояние ОЯТ остановленных энергоблоков 1 и 2 Белоярской АЭС

Бассейн выдержки	Годы выгрузки из активной зоны	Количество ОТВС, шт	Доля разрушенных ОТВС на 2000 г., %	Доля разрушенных на 2006 г. %
БВ-1	1964-1981	2154	4.9	6.8
БВ-2	1969-1989	2689	4.7	9.5

На комбинатах ЯТЦ (ГХК, СХК) накоплено значительное количество продукции нарабатываемой (облученной) промышленными реакторами – блоков ДАВ-90, вывоз на переработку которых был прекращен в 1989 г.

Таблица

Изменение состояния блоков ДАВ-90 со временем

Срок хранения	10 лет	15 лет	20 лет
Доля корродированных блоков , %	10	35	75

Таблица 7

Наличие ОЯТ на блоках АЭС (в БВ) и в ХОЯТ

Наименование АЭС	Проектная вместимость БВ Фактическое заполнение, шт.					
	Бл.1	Бл.2	Бл.3	Бл.4	Бл.5	ХОЯТ (ОСХОТ)
Курская	2600 1175	2600 615	2600 1089	2600 1458	-	29200 26207
Ленинградская	2732 1952	2732 1658	2732 2234	2732 1882	- -	31220 27509
Смоленская	4000 772	4000 1556	4000 2530	- -	- -	17940 12921
Калининская	416 144	416 230	-	-	-	-
Кольская	616 210	637 293	662 306	662 236	-	-
Балаковская	391 176	391 217	391 176	612 308	-	-
Билибинская	2050 1967	2300 2244	2050 913	-	-	6400 5124
Нововоронежская	105 15	300 0	653 287	677 332	306 97	916 316
Ростовская	594 103	-	-	-	-	-
Белоярская (ДСП)	-	-	-	-	-	-

Таблица 8

Заполнение хранилищ ИЯУ отработавшим ядерным топливом

Предприятие-владелец ИЯУ	ИЯУ	Фактическое заполнение хранилищ, %
РНЦ «Курчатовский институт»	МР	60
	ИР-8	36
ГНЦ РФ ФЭИ	АМ-1	60
	БР-10	22
СФ НИКИЭТ	ИВВ-2	80
ГНЦ РФ НИИАР	МИРМ1	97
	СМ-3	94
	РБТ-10/2	67
	БОР-60	95
	ВК-50	56
ПИЯФ им Б.П. Константинова РАН	ВВР-М	37
Филиал ГНЦ РФ НИФХИ	ВВР-Ц	59

Таблица 9
Сравнительные показатели долговременного хранения ОЯТ АЭС

Наименование показателей	Единица измерения	Мокрое хранилище	Сухое хранилище
Объем хранения ОЯТ	тонн U	6000	37785
Объем воды в бассейнах выдержки	тыс. $м^3$	606.6	-
Испарение воды	$м^3$ /год	15284	-
Расход электроэнергии	тыс. кВтч год тU	56,8	0,7
Расход тепла	Гкал год тU	474,3	2,5
Стоимость строительства в ценах 1991 г.	млн. руб.	180,0	428,0
То же на 1 т U		30,0	11,3

Спасибо за внимание