

Искусственные источники ИИ и загрязнении внешней среды РВ

3. Атомная энергетика

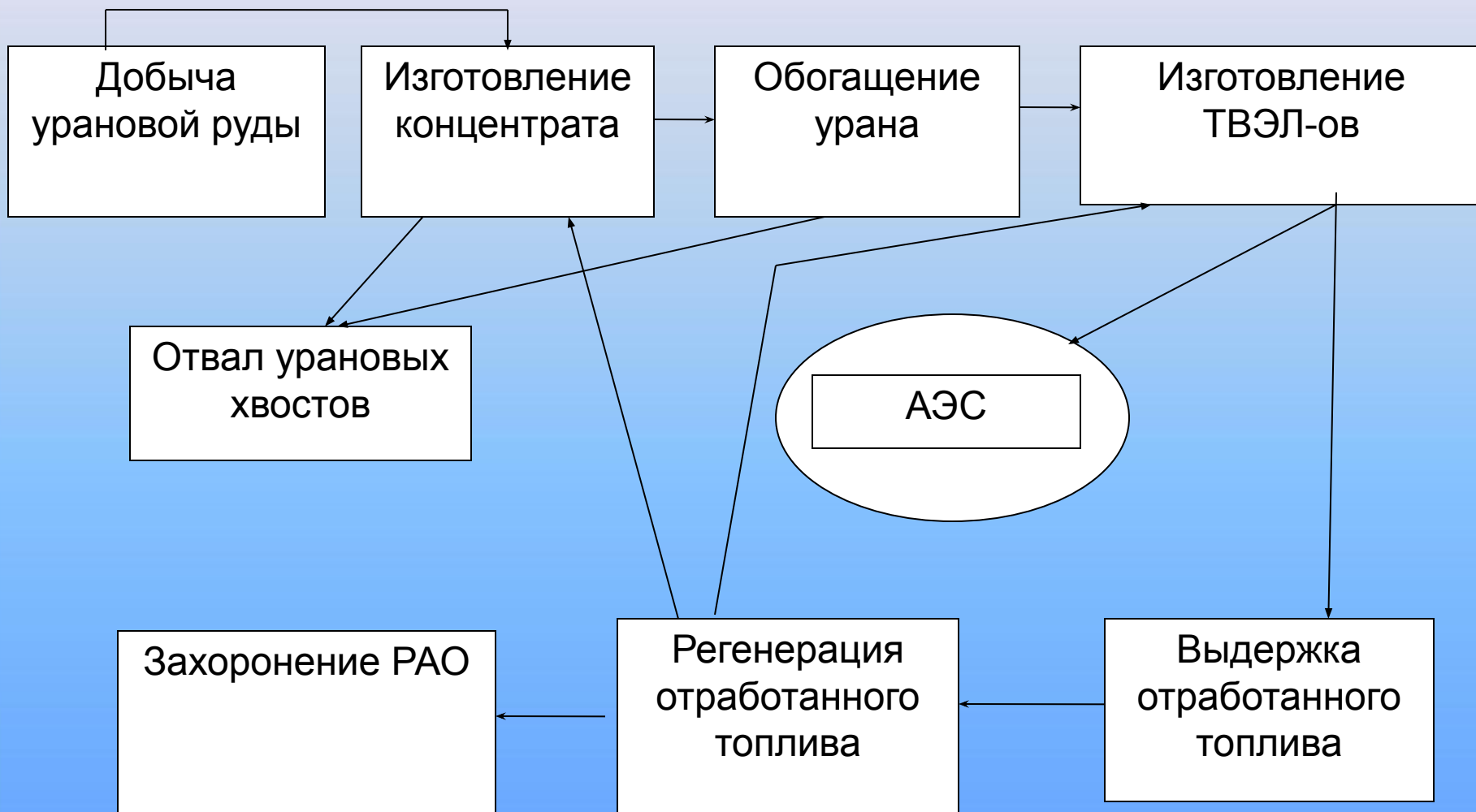
В 2001 году в мире работало 430 атомных энергетических установок, производящих около 20% электроэнергии. По количеству атомных электростанций первое место занимает Западная Европа, за которой следуют США и Канада. В России работает 10 атомных электростанций с 30 промышленными реакторами суммарной мощностью 21242 МВт, из них 29 реакторов на медленных нейтронах (типа ВВЭР и РБМК) и один реактор на быстрых нейтронах. Для обеспечения этих АЭС ядерным топливом необходимо ежегодно 3600 тонн природного урана.

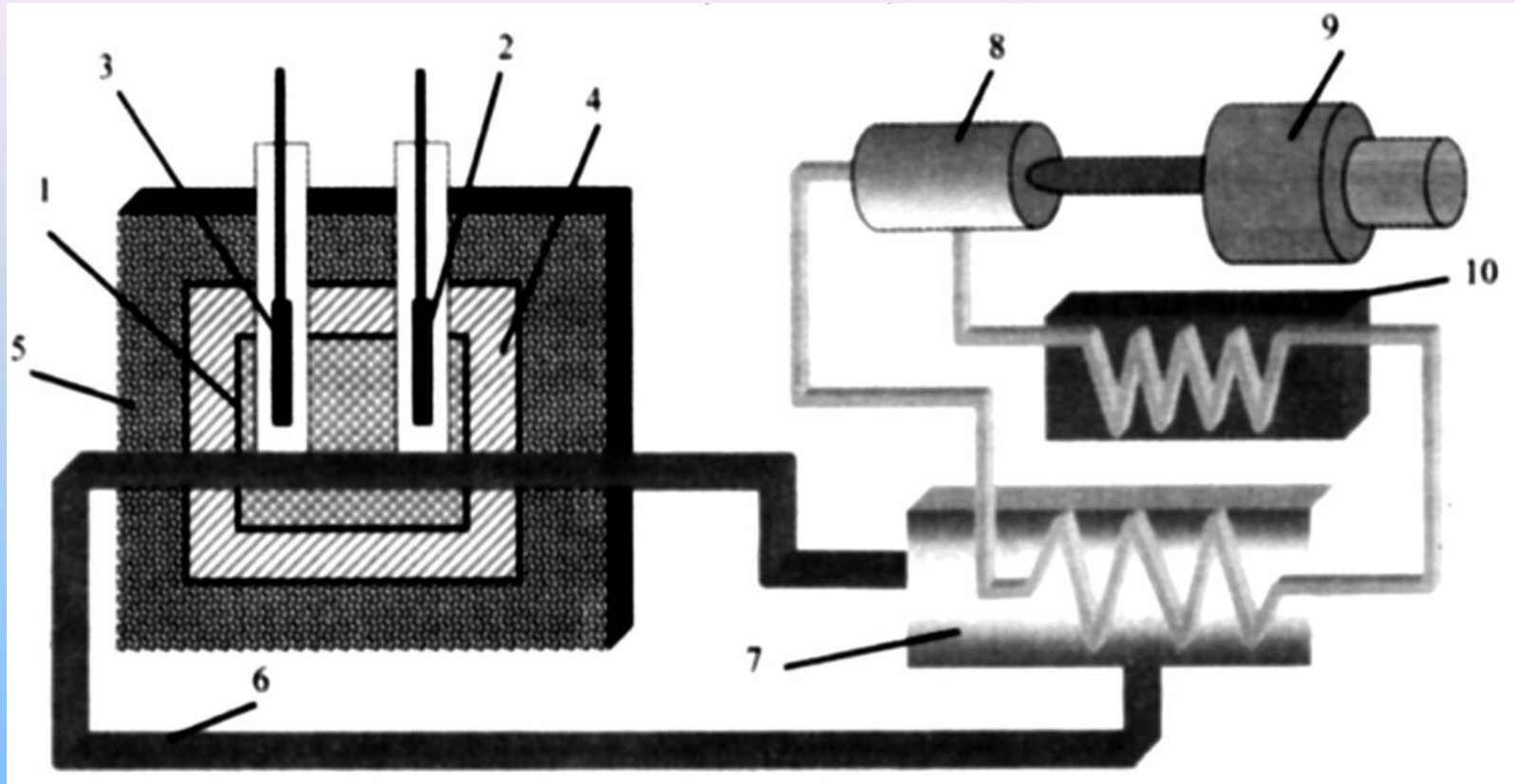
Доля ядерной энергетики в мире составила 20% (МАГАТЭ, 1995):

- Франция и Бельгия 70-80% ,
- Швеция-50%,
- США – 17%,
- Канаде – 15%,
- Южной Корее – 53%,
- на Тайване – 48,5%,
- в России – 13%.

Атомная энергетика включает в себя весь технологический цикл: урановые рудники, металлургические предприятия по получению обогащенного ядерного топлива, заводы по очистке урановых концентратов и изготовлению ТВЭЛ-ов (тепловыделяющих элементов), предприятия по утилизации ядерных отходов. На протяжении всей этой технологической цепочки образуются твердые, жидкие, газообразные отходы.

Схема технологической цепочки атомной энергетики

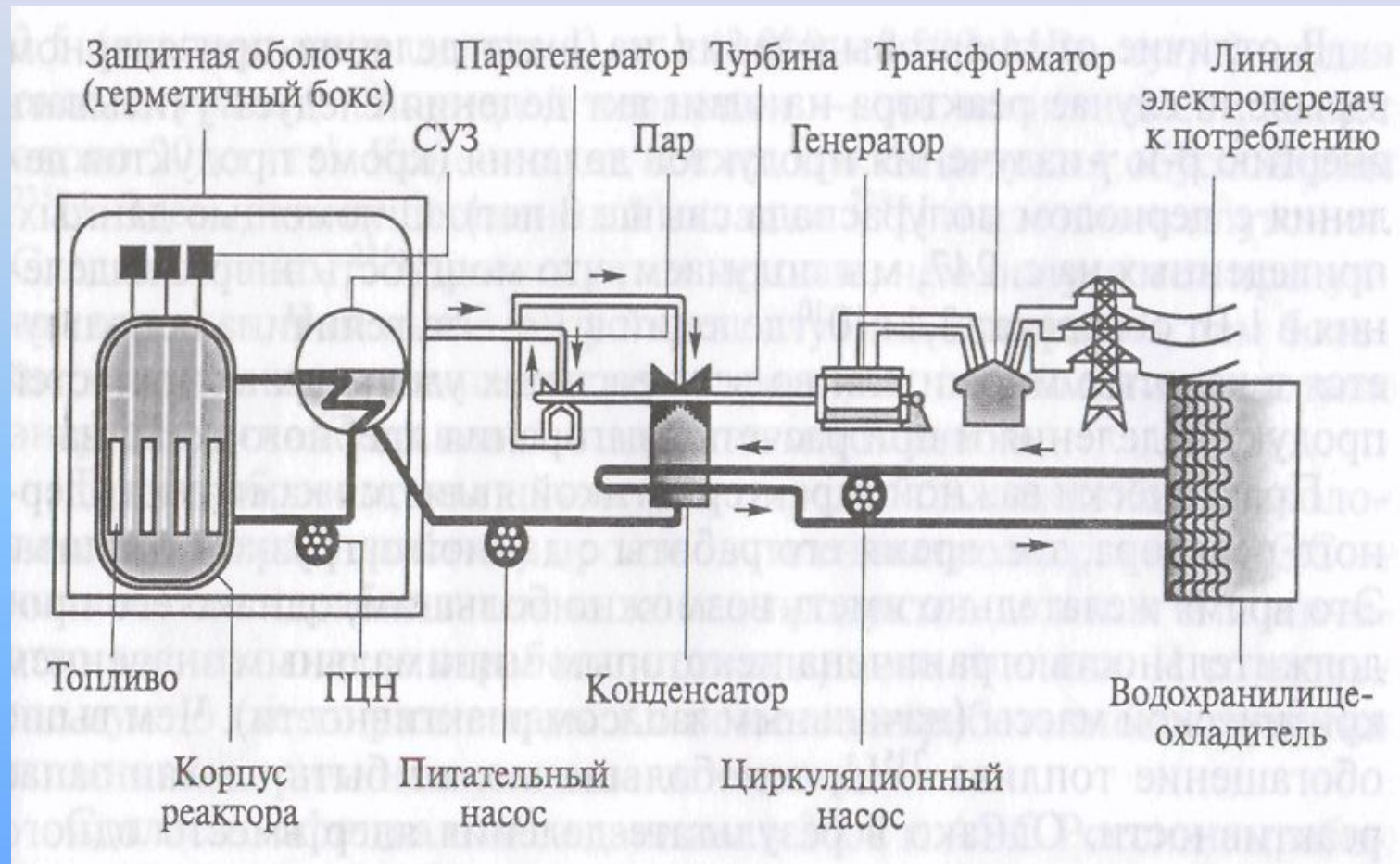




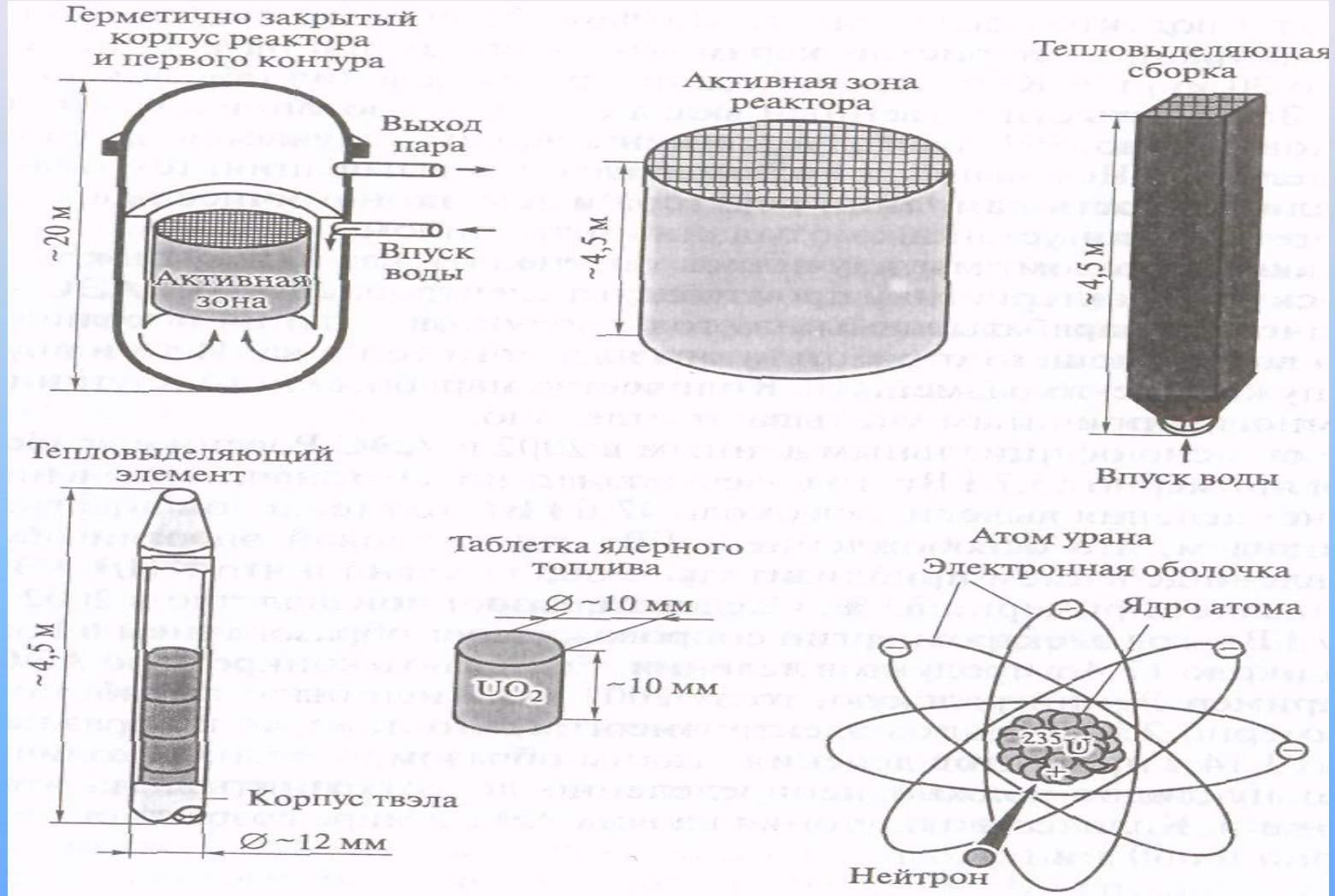
Принципиальная схема атомной электростанции:

1 – ядерное горючее с замедлителем; 2 – аварийные стержни; 3 – регулирующие стержни; 4 – отражатель нейтронов; 5 – бетонная защита от радиации; 6 – теплоноситель; 7 – парогенератор; 8 – паровая турбина; 9 – генератор тока; 10 – конденсатор пара

Технологическая схема АЭС с реактором ВВЭР-400 (ВВЭР-1000)



Элементы ядерного реактора



По состоянию на 2002 год в России эксплуатируется 29 ядерных энергоблоков общей установленной мощностью 21,2 Гвт , в т.ч.:

- ❖ водо-водяные (ВВЭР) – 13;
- ❖ канальные (РБKM-1) – 11;
- ❖ водо-графитовые (ЭГП) – 4;
- ❖ на быстрых нейтронах (БН-60) – 1.

В современный период достраиваются 5 энергоблоков:

- ❖ водо-водяные (ВВЭР) – 4 (Ростовская, Калининская, Балаковская АЭС);
- ❖ канальные (РБKM-1) – 1 (Курская АЭС).

Атомная энергетика имеет устойчивую тенденцию к развитию: в 1984 году в мире насчитывалось 345 атомных энергоблоков, в 1986 году – 417, в 1988 году – 426, в 1994 году – около 500. В настоящее время 17% всей электроэнергии в мире вырабатывается на АЭС, а в ряде стран, таких как Бельгия и Франция, эта доля достигает 50-75%.

Атомные электростанции России

Наименование атомных станций	Электрическая мощность, МВт	Количество и тип реактора
<i>1. Действующие АЭС</i>		
1. Кольская АЭС	1760	2 × ВВЭР-440/230 2 × ВВЭР-440/213
2. Ленинградская АЭС	4000	4 × РБМК-1000**
3. Калининская АЭС	2000	2 × ВВЭР-1000
4. Смоленская АЭС	3000	3 × РБМК-1000
5. Курская АЭС	4000	4 × РБМК
6. Нововоронежская АЭС	1834	2 × ВВЭР-440/320* 1 × ВВЭР-1000
7. Балаковская АЭС	3000	3 × ВВЭР-1000
8. Белоярская АЭС	600	1 × БН-600
9. Билибинская АЭС	48	4 × ЭГП-6
10. Ростовская АЭС (2001 г.)	2000	2 × ВВЭР-100
Итого:	22242	×

2. Строящиеся, законсервированные и проектируемые АЭС

11. Южно-Уральская АЭС	2400	3 × БН-800
12. Воронежская АЭС	1000	2 × АСТ-500М
13. Томская АЭС	1000	2 × АСТ-500М
14. Хабаровская АЭС	1000	2 × АСТ-500М
15. Костромская АЭС	2400	4 × ВПБЭР-600
16. Дальневосточная АЭС	1200	2 × НП-500
17. Приморская АЭС	1200	2 × ВПБЭР-600
18. Блок на Ленинградской АЭС	630	1 × НП-500
19. Блоки на Кольской АЭС	1900	3 × НП-500
20. Блок на Калининской АЭС	1000	1 × ВВЭР-320
21. Блок на Курской АЭС	1000	1 × РБМК-1000
22. Блок на Белоярской АЭС	800	1 × БН-800
23. Блок на Балаковской АЭС	1000	1 × ВВЭР-1000
Итого:	17330	×
Всего:	37572	×

Примечания. АСТ – атомная станция теплоснабжения; ВВЭР – водо-водяной энергетический реактор; РБМК – реактор большой мощности канальный; БН – реактор на быстрых нейтронах; ЭГП – реактор энергетический графитовый паровой; ВПБЭР – водяной повышенной безопасности энергетический реактор;

* оба первого поколения;

** в том числе два реактора первого поколения.

Основную дозу в выбросах составляют продукты деления ядерного горючего: радиоизотопы йода, цезия, стронция, церия, циркония, марганца, железа, а также тритий и радиоактивные газы – радон, ксенон и криптон. Система очистки сточных вод такова, что в водоемы поступает вода с содержанием радиоизотопов, не превышающим допустимый уровень для питьевой воды.

При отсутствии аварий и хорошей радиационной защите такое производство заметного влияния на окружающую среду не оказывает.

Главная проблем при эксплуатации атомных реакторов – выемка отработанного ядерного топлива. По мере работы реактора масса ядерного горючего в нем уменьшается, растет количество осколков отделения ядер урана или плутония, которые сильно радиоактивны, так как претерпевают бета-распад, сопровождающийся мощным гамма-излучением.

Атомная промышленность и энергетика относятся к отраслям деятельности человека с малой опасностью для жизни.

За период с 1945 по 1992 годы (НКДАР ООН) вклад ядерной энергетике в формирование коллективной эффективной дозы облучения населения всего земного шара составил 2,4 млн чел.-Зв, а дополнительный вклад тяжелых радиационных аварий – 0,6 млн чел.-Зв, то есть почти в 1100 раз меньше, чем вклад облучения от источников естественного фона .

Коллективная эффективная доза облучения населения за период с 1945 по 1992 годы

Источник облучения	Коллективная эффективная доза, млн чел.-Зв
Естественные источники	650
Медицинское облучение:	
– диагностика	90
– терапевтические процедуры	75
Испытания ядерного оружия	30
Ядерная энергетика	2,4
Радиационные аварии	0,6
Профессиональное облучение	0,6

После 1992 года данные вследствие аварии на Чернобыльской АЭС несколько изменились.



Чернобыльская АЭС





Разрушенный 4 блок на Чернобыльской АЭС

Эффективные эквивалентные дозы человека от искусственных источников

Источники радиации	Среднемировые данные		Россия	
	мЗв/год	%	мЗв/год	%
Рентгенодиагностика	1,000	93,5	1,200	94
Радионуклидная диагностика	0,050	4,7	0,030	2,3
Испытание ядерного оружия	0,015	1,4	0,020	1,6
Ядерная энергетика	–	–	–	–
Последствия аварии в ЧАЭС	–	–	0,030	2,3
Профессиональное облучение	0,004	0,4	0,003	0,2
ИТОГО	1,069	100	1,283	100

В таблице приведены характеристики основных поступлений искусственных радионуклидов в атмосферу с 1946 по 1986 год.

Основные источники поступления искусственных радионуклидов в атмосферу с 1946 по 1986 год

Источник поступления	Суммарная активность, $\times 10^{16}$ Бк	Ареал распространения, км ²
Испытания атомного оружия в атмосфере	181060	510×10^{16}
Авария на Чернобыльской АЭС, 1986 г.	185	250×10^6
Технологический сброс отходов в проточный водоем р. Теча, 1950 г.	10,2	2×10^2
Авария в районе г. Кыштым, 1957 г.	7,4	23×10^3
Пожар на заводе в г. Уиндскейле (Великобритания), 1957 г.	1,1	3×10^2
Ветровой выброс из поймы озера Карачай, 1967 г.	0,003	2×10^2

Эксплуатация АЭС сопряжена с определенной степенью социального, экономического и экологического риска, а также риска ухудшения здоровья людей вследствие возникновения крупных радиационных аварий.

Наиболее крупной радиационной аварией в истории человечества стала авария на Чернобыльской АЭС. По данным различных авторов, число людей, испытавших последствия аварии на Чернобыльской АЭС, составило от 130 до 250 тыс. человек, подверглись отселению 116 тыс. человек, в дозах свыше фоновых облучились 24,2 тыс. человек, заболели острой лучевой болезнью 134 человека, а еще 28 человек погибли. В работах по ликвидации последствий Чернобыльской катастрофы принимало участие около 240 тыс. человек, а радиоактивному загрязнению, превышающему уровень 5 Ки/км², подверглась территория площадью около 25000 км² с населением более 5 млн человек.

Различные соматические расстройства здоровья, не связанные с облучением (стрессы, социально –экономические, психологические)

Медицинские
последствия

Непосредственные,
детерминированные
(отсутствуют при малых дозах)

Лучевая болезнь у 134 человек –
участников аварийных работ в
первые сутки после аварии

Прогноз для всех категории
населения благоприятный

Отдаленные, стохастические,
вероятностные
(могут возникнуть при любых
дозах)

Рак щитовидной железы
у 1800 человек, облученных
в детском возрасте

Возможен рост числа рака
щитовидной железы и других
органов,
в меньшей степени
возникновение
наследственной патологии

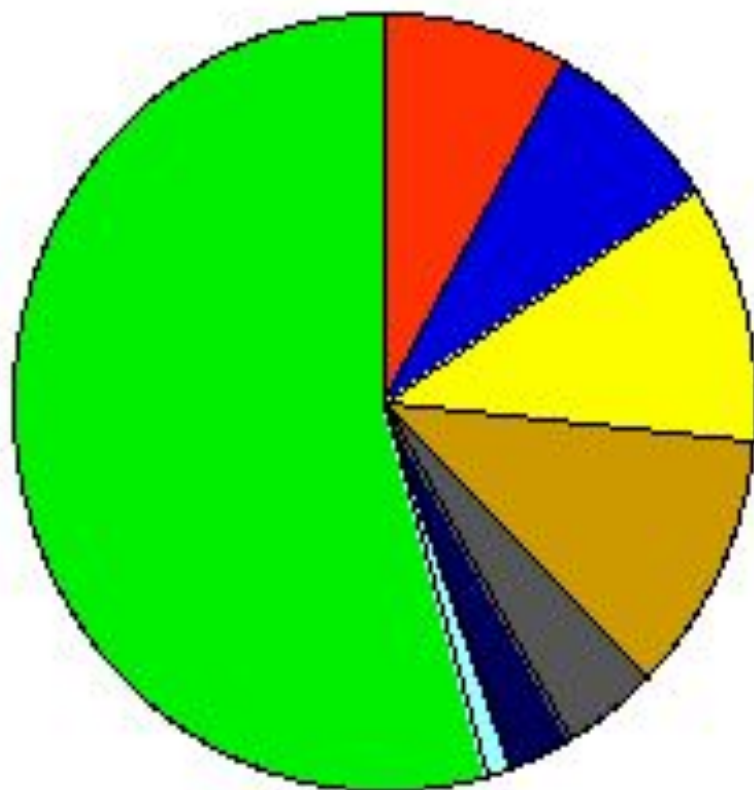
**Общая схема возможных медицинских последствий
на примере Чернобыльской аварии**

Подводя итоги вышесказанному, следует отметить, что за счет искусственных (техногенных) источников ионизирующей радиации формируется около 10% годовой эффективной эквивалентной дозы. Данные исследований представлены в таблице.

Структура доз облучения населения источниками ионизирующего излучения (по данным ООН и радиационно-гигиеническому паспорту РФ за 1999 год)

Источник излучения	Средние годовые дозы, мЗв/год	
	мировые	по России
<i>Природные источники</i>		
Внешнее гамма-излучение природных радионуклидов	0,48	0,48
Космическое излучение	0,390	0,390
Долгоживущие радионуклиды в атмосферном воздухе	0,006	0,006
Изотопы радона в воздухе помещений	1,26	1,89
Калий-40 и другие природные радионуклиды в пище и питьевой воде	0,290	0,290
Всего природные источники	2,406	3,056
<i>Искусственные источники</i>		
Медицинское облучение	0,4	1,0
Глобальные выпадения	0,005	0,005
Загрязнение территорий	0,002	0,002
Всего искусственные источники	0,407	1,007
Итого за счет всех источников	2,813	4,064

Вклад разных источников ИИ и РВ в облучение человека



	Cosmic 27 mrem 7.9%
	Rocks and soil 28 mrem 7.9%
	Internal 40 mrem 10.9%
	Medical x rays 39 mrem 10.9%
	Nuclear medicine 14 mrem 4%
	Consumer products 10 mrem 3%
	Others <1 mrem 1%
	Radon 200 mrem 54.5%

Космические лучи 37 мбэр/год



Почва 38 мбэр/год



Калий 40 - 12 мбэр/год
Уран 238 - 10 мбэр/год
Торий 232 - 16 мбэр/год

Вода, пища, воздух
- 135 мбэр/год



Калий 40 - 18 мбэр/год
Радон 222 - 100 мбэр/год
Свинец 210 - 12 мбэр/год

Авиaperелет
Н.Новгород-Сочи
и обратно - 1,5 мбэр
Авиaperелет Томск-
Москва и обратно - 4 мбэр



Рентгенодиагностика
100 мбэр/год

ФЛГ 140 мбэр/год

Рентгеноскопия
грудной клетки
900 мбэр/год

Просмотр телепередач

0,5 - 1 мбэр/год



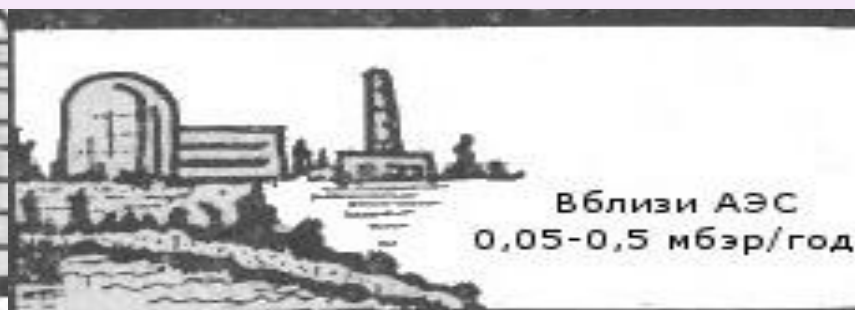
Последствия
ядерных испытаний
1 мбэр/год



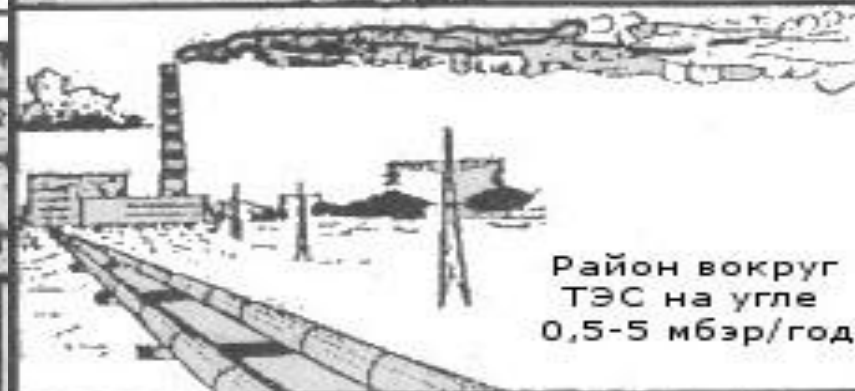


Кирпичные здания и
здания из железобетона
80 - 100 мбэр/год

Деревянные дома
30 - 40 мбэр/год



Вблизи АЭС
0,05-0,5 мбэр/год



Район вокруг
ТЭС на угле
0,5-5 мбэр/год



Вблизи АСТ
0,01 мбэр/год