

ВЫСШЕЕ

ОБРАЗОВАНИЕ

И. Н. Бекман

ЯДЕРНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Учебник
2-е издание

Содержание

Предисловие	7
Основные сокращения, используемые в книге	8
Введение.....	10
1. Ядерная индустрия	12
2. Основные этапы развития ядерных технологий.....	24
2.1. Ядерная физика и радиохимия	24
2.2. Производство радия	28
2.3. Становление атомной индустрии.....	32
2.4. Создание атомной промышленности в СССР.....	39
2.5. Радиохимическая промышленность.....	47
2.6. Разделение изотопов урана.....	52
3. Радиоактивность и радиация	55
3.1. Явление радиоактивности	55
3.2. Виды радиоактивного распада	62
3.3. Ионизирующие излучения.....	67
4. Ядерные реакции	72
4.1. Основные свойства ядерных реакций	72
4.2. Виды ядерных реакций	79
4.3. Реакции вынужденного деления	90
4.4. Деление изотопов урана и плутония	96
5. Физика ядерного реактора.....	110
5.1. Нейтроны в атомном реакторе	110
5.1.1. Замедление нейтронов	110
5.1.2. Диффузия и альbedo нейтронов	114
5.1.3. Генерация, захват и рассеяние нейтронов в реакторе.....	116
5.1.4. Размножение нейтронов и критичность реактора	119
5.1.5. Реактивность реактора	121
5.2. Устройство и работа атомного реактора.....	123
6. Ядерные реакторы.....	130
6.1. Типы ядерных реакторов	132
6.2. Реакторы на тепловых нейтронах.....	134
6.2.1. Гомогенные реакторы.....	134
6.2.2. Гетерогенные реакторы	136
6.3. Реакторы на быстрых нейтронах.....	142

6.4. Промышленные реакторы	149
6.5. Поколения ядерных реакторов	149
6.6. Гибридные реакторы	154
6.7. Ядерные реакторы на космических аппаратах	157
7. Радиоактивные элементы	159
7.1. Уран	159
7.2. Плутоний	181
8. Металлургия ядерных материалов.....	202
8.1. Metallургия урана	202
8.2. Metallургия плутония.....	207
9. Ядерные топливные циклы.....	210
9.1. Уран-плутониевый топливный цикл.....	210
9.2. Торий-урановый цикл	215
10. Горнорудная промышленность урана.....	219
10.1. Урановые руды, рудники и запасы урана	219
10.2. Добыча урановой руды	227
10.3. Хвостохранилища урановых рудных отходов.....	233
11. Переработка урановой руды.....	235
11.1. Концентрирование урановой руды.....	235
11.2. Высокотемпературная обработка урановых руд.....	238
11.3. Выщелачивание урановых руд.....	238
11.4. Выделение урана из растворов	242
11.5. Аффинажное производство.....	245
11.6. Производство соединений урана	248
12. Изотопное обогащение урана.....	253
12.1. Виды обогащенного урана	254
12.2. Промышленное обогащение урана	254
13. Топливо для ядерных реакторов.....	262
13.1. Ядерное горючее.....	262
13.2. Тепловыделяющие элементы и сборки.....	275
14. Реакторная стадия ядерного-топливного цикла.....	280
14.1. Управление атомным реактором	280
14.2. Эффективность реактора	282
14.3. Процессы в твэлах работающего реактора.....	283
14.4. Замена топлива	285
15. Обращение с отработанным ядерным топливом.....	286
15.1. Отработавшее ядерное топливо.....	286
15.2. Временное хранение ОЯТ	287
15.3. Характеристика ОЯТ	290
15.4. Элементный и изотопный состав ОЯТ.....	292

15.5. Транспортировка свежего топлива и ОЯТ	296
15.6. Хранилища ОЯТ при радиохимических заводах	299
15.7. Сухое хранилище ОЯТ	299
16. Радиохимическая переработка ОЯТ	301
16.1. Регенерация ядерного топлива	302
16.2. Особенности переработки ОЯТ	304
16.3. Подготовка ОЯТ к экстракции	305
16.4. Растворение ОЯТ	308
16.5. Экстракционные методы выделения урана, плутония и нептуния	311
16.6. Пирометаллургические методы переработки ОЯТ	325
16.7. Электрохимические методы переработки ОЯТ	326
17. Переработка рафината пурекс-процесса	328
17.1. Новые жидкостные экстракционные процессы.....	329
17.2. Сухие методы переработки радиоактивных отходов	335
17.3. Электрометаллургический репроцессинг	335
18. Обезвреживание и хранение радиоактивных отходов	338
18.1. Отходы ЯТЦ.....	338
18.2. Обращение с РАО АЭС.....	343
18.3. Переработка отходов на радиохимических заводах	344
18.4. Кондиционирование отходов.....	347
18.5. Хранение и захоронение отходов	353
19. Трансмутация радионуклидов.....	362
19.1. Трансмутация плутония и малых актиноидов	366
19.2. Трансмутация РАО.....	369
20. Проблемы ядерного топливного цикла	374
20.1. Проблема урана.....	374
20.2. Проблема плутония.....	383
21. Управляемый термоядерный синтез.....	392
22. Синтез радиоактивных изотопов	404
22.1. Производство стабильных изотопов.....	404
22.2. Получение изотопов в ядерных реакторах.....	409
22.3. Получение изотопов на ускорителях.....	411
22.4. Лабораторные изотопные генераторы	414
23. Радионуклидные источники ионизирующих излучений, электроэнергии, тепла и света	417
23.1. Источники радиации.....	417
23.2. Источники тепла и электроэнергии	420
23.3. Источники света.....	423
24. Ядерное оружие	425
24.1. Виды ядерного оружия	425
24.2. Урановая атомная бомба	427

24.3. Плутониевая атомная бомба.....	428
24.4. Термоядерное оружие	434
24.5. Нейтронное оружие	437
24.6. Пучковое оружие.....	438
25. Экономические аспекты ядерной промышленности	440
26. Юридические аспекты ядерной промышленности	468
Заключение.....	494
Рекомендованная литература	499