

Министерство образования и науки Российской Федерации  
Уральский федеральный университет  
имени первого Президента России Б. Н. Ельцина

Е. И. Денисов

## ПРОИЗВОДСТВО РАДИОАКТИВНЫХ ИЗОТОПОВ ДЛЯ МЕДИЦИНСКОГО ПРИМЕНЕНИЯ

*Учебное пособие*

*Рекомендовано методическим советом УрФУ  
для студентов, обучающихся по направлению подготовки  
240100 — Химическая технология*

*2-е издание, стереотипное*

Москва  
Издательство «ФЛИНТА»  
Издательство Уральского университета  
2017

УДК 621.039.83:615.849(075.8)

ББК 35.36я73+53.6я73

Д33

Рецензенты:

зам. директора Института химии твердого тела УрО РАН д-р хим. наук  
*E. В. Поляков*;

директор Института промышленной экологии УроРАН д-р техн. наук,  
проф. *M. В. Жуковский*

Научный редактор — д-р хим. наук, проф. *H.Д. Бетенеков*

**Денисов, Е.И.**

Д33      Производство радиоактивных изотопов для медицинского применения [Электронный ресурс] : учебное пособие / Е. И. Денисов.  
— 2-е изд., стер. — М. : ФЛИНТА : Изд-во Урал. ун-та, 2017. — 94 с.

ISBN 978-5-9765-3087-4 (ФЛИНТА)

ISBN 978-5-7996-1461-4 (Изд-во Урал. ун-та)

Настоящее учебное пособие является дополнительным материалом для изучения курса «Технологии производства радиоактивных изотопов для медицинского применения» и предназначено для облегчения самостоятельной работы студентов, обучающихся по направлению подготовки 240100 — Хими-ческая технология. Оно также может быть использовано студентами других специальностей, в учебной программе которых предусмотрено изучение курсов по применению ионизирующих излучений в научной и практической деятельности.

В учебном пособии даются основы современных методов и технологических приемов получения радионуклидов и радиофармацевтических препаратов (РФП) на их основе. Приведены технологии получения радионуклидов, используемых в ядерной медицине для целей диагностики и системной радиотерапии. Рассмотрены особенности производства радионуклидной продукции на реакторах и ускорителях заряженных частиц, начиная от выбора состава мишенией, условий их облучения и переработки с последующим приготовлением РФП.

Библиогр.: 12 назв. Табл. 16. Рис. 23.

УДК 621.039.83:615.849 (075.8)

ББК 35.36 я73+53.6 я73

ISBN 978-5-9765-3087-4 (ФЛИНТА)

ISBN 978-5-7996-1461-4 (Изд-во Урал. ун-та)

© Уральский федеральный  
университет, 2015

# ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение.....	5
1. История развития ядерной медицины.....	6
2. Радиофармацевтические препараты (РФП).....	8
2.1. Классификация РФП.....	9
2.2. Требования к РФП.....	12
3. Радионуклидная диагностика.....	13
3.1. Радиометрия.....	15
3.2. Сцинтиграфия.....	15
3.3. Томография. Классификация.....	16
3.3.1. Позитронная эмиссионная томография.....	19
3.4. Оборудование для РНДИ.....	21
4. Терапия с помощью радионуклидов.....	31
5. Выбор радионуклидов.....	37
5.1. Радионуклиды для диагностики.....	43
5.2. Радионуклиды для терапии.....	44
6. Получение радионуклидов для ядерной медицины.....	46
6.1. Эффективное сечение ядерной реакции.....	47
6.2. Классификация методов получения РН.....	50
6.3. Получение радионуклидов в атомном реакторе.....	51
6.3.1. Технологии производства $^{99}\text{Mo}$ в ядерных реакторах.....	52
6.3.2. Получение молибдена-99 по реакции $(n, \gamma)$ .....	53
6.3.3. Получение молибдена-99 по реакции $(n, f)$ .....	53
6.3.4. Переработка мишеней при получении $^{99}\text{Mo}$ по реакции $(n, f)$ .....	55
6.3.5. Технологические процессы выделения и очистки $^{99}\text{Mo}$ .....	57
6.3.6. Производство $^{99}\text{Mo}$ в Физико-энергетическом институте, Российская Федерация.....	61
6.4. Получение делительного Mo-99 по малоотходным технологиям.....	63
6.5. Водный гомогенный ядерный реактор как альтернативный источник Mo-99 и других короткоживущих радионуклидов.....	65

6.6. Производство радионуклидов на циклотронах.....	69
6.6.1. История создания циклотрона.....	69
6.6.2. Технологии производства радионуклидов на циклотронах.....	70
6.6.5. Получение позитрон-излучающих радионуклидов и РФП для ПЭТ.....	79
6.6.6. Получение на ускорителях альфа-излучающих радионуклидов $^{225}\text{Ac}/^{213}\text{Bi}$ .....	86
Библиографический список.....	92