

4 курс

**РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ОТКРЫТЫЙ
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ПУТЕЙ СООБЩЕНИЯ**

6/28/1

Одобрено кафедрой
«Инженерная экология
и техносферная безопасность»

Утверждено деканом
факультета «Управление
процессами перевозок»

РАДИАЦИОННАЯ ЭКОЛОГИЯ

Рабочая программа и задание на контрольную работу
для студентов IV курса
специальностей

**280101 БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ
В ТЕХНОСФЕРЕ (БЖТ)**

280202 ИНЖЕНЕРНАЯ ЗАЩИТА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ (ЭК)



Москва – 2007

5. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА

Контрольная работа состоит из двух частей.

В первой части студентам необходимо решить четыре задачи (номер задачи выбирается по последней цифре шифра студента). Справочные данные представлены в табл. 1 и 2.

Вторая часть должна быть оформлена в виде реферата по одной из предлагаемых тем (см. ниже темы рефератов). Тема реферата выбирается по согласованию с преподавателем.

6. УЧЕБНО МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

6.1. РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

Основная

1. Трофимова Т.И. Курс физики: Уч. пос.; М-во образования РФ. — М.: Высшая школа, 2004.
2. Василенко О.И. Радиационная экология: Уч. пос. — М.: Медицина, 2004. — 215 с.
3. Барсуков О.А. Радиационная экология: Учеб. — М.: Новый юрист, 2003. — 253 с.
4. Куклев Ю.И. Физическая экология: Уч. пос. 2-е изд., испр. — М.: Высш. шк., 2003. — 357 с.
5. www.radiationecology
6. Фокин В.С., Демидов Б.А., Силина Е.К. Радиационная экология. Рабочая программа для студентов IV курса по специальностям ЭК и БЖТ, 2003.

Дополнительная

1. Нормы радиационной безопасности НРБ-76/87. Основные санитарные правила ОСП-72/87. — М.: Энергоатомиздат, 1998.
2. Бударков В.А., Зенкин А.С., Киришин В.А. Краткий радиоэкологический словарь. — Саранск: Изд-во Мордов. Ун-та, 1998. — 256 с.
3. Радиация, дозы, эффекты, риск / Пер. с англ. — М.: Мир, 1990. — 79 с.
4. Бекасов В.И., Зубрев Н.И. Радиация и окружающая среда. — М.: РГОТУПС, 1997 г.

ЗАДАНИЕ НА КОНТРОЛЬНУЮ РАБОТУ

Краткая теория

1. Основной закон радиоактивного распада: число не распавшихся ядер в образце радиоактивного изотопа уменьшается со временем экспоненциально:

$$N = N_0 e^{-\lambda t},$$

где N — число не распавшихся ядер в момент времени t ;

N_0 — число не распавшихся ядер в момент, принятый за начальный ($t = 0$);

e — основание натурального логарифма;

λ — постоянная радиоактивного распада.

2. Число ядер, распавшихся за время t :

$$N_0 - N = N_0(1 - e^{-\lambda t}).$$

3. Период полураспада $T_{1/2}$ — промежуток времени, за который число не распавшихся атомов уменьшается в два раза. Период полураспада связан с постоянной распада соотношением:

$$T_{1/2} = \frac{\ln 2}{\lambda} = \frac{0,693}{\lambda}.$$

4. Активность образца измеряется числом ядер, распадающихся в единицу времени:

$$A = \left| \frac{dN}{dt} \right| = \lambda N = \lambda N_0 e^{-\lambda t}.$$

Активность образца в момент времени, принятый за начальный ($t = 0$), определяется:

$$A_0 = \lambda \cdot N_0.$$

Единицей активности в системе СИ является число распадов в секунду. Эту единицу называют *беккерель* (Бк). Широкое

распространение получила внесистемная единица *кюри* (Ки). Эта единица определяется активностью 1 г радия:

$$1 \text{ Ки} = 3,7 \cdot 10^{10} \text{ Бк.}$$

5. Удельная активность α радиоактивного изотопа — активность на единицу массы изотопа:

$$\alpha = A/m.$$

6. Число атомов, содержащихся в образце нуклида:

$$N = N_A \cdot \frac{m}{M},$$

где m — масса образца;

M — атомная масса нуклида;

N_A — число Авогадро.

Активность образца связана с его массой выражением:

$$A = \lambda \cdot N_A \cdot \frac{m}{M}.$$

7. Закон ослабления узкого пучка моноэнергетических γ -лучей при прохождении через поглощающее вещество:

$$I = I_0 e^{-\mu \cdot x},$$

где I — интенсивность γ -лучей в веществе на глубине x ;

I_0 — интенсивность γ -лучей, падающих на этот слой;

e — основание натурального логарифма;

μ — линейный коэффициент ослабления, зависящий от длины волны γ -лучей и от плотности вещества.

Закон ослабления узкого пучка моноэнергетических γ -лучей при прохождении через поглощающее вещество:

$$I = I_0 e^{-\mu' \rho x},$$

где I — интенсивность γ -лучей в веществе на глубине x ;

I_0 — интенсивность γ -лучей, падающих на этот слой;

e — основание натурального логарифма;

- μ' — массовый коэффициент ослабления, зависящий от длины волны γ -лучей;
 ρ — плотность вещества.

Массовый коэффициент ослабления связан с линейным соотношением:

$$\mu' = \mu/\rho.$$

8. Слоем половинного ослабления называется слой, толщина $x_{1/2}$ которого такова, что интенсивность проходящих через него γ -лучей уменьшается в 2 раза:

$$x_{1/2} = \frac{\ln 2}{\mu} = \frac{0,693}{\mu}.$$

9. Среднее время жизни радиоактивного нуклида — промежуток времени, за который число нераспавшихся атомов уменьшается в e раз:

$$\tau = 1/\lambda.$$

где λ — постоянная радиоактивного распада.

10. Экспозиционная доза γ -излучения, падающего за время t на объект, находящийся в воздухе на расстоянии R от точечного источника:

$$D_3 = \frac{Pt}{R^2},$$

где P — мощность экспозиционной дозы на расстоянии, равном единице.

Поглощением γ -лучей в воздухе пренебрегаем.

Закон радиоактивного распада

Задача № 1. Из каждого миллиона атомов радиоактивного изотопа каждую секунду распадается 200 атомов. Определить период полураспада $T_{1/2}$ изотопа.

Задача № 2. Период полураспада радиоактивного нуклида один год. Определить среднюю продолжительность жизни этого нуклида. Сколько процентов начального количества радиоактивного нуклида распадется за время, равное средней продолжительности жизни этого нуклида?

Задача № 3. За один год начальное количество радиоактивного изотопа уменьшилось в 1,42 раза. За какое время оно уменьшится в 14 раз? Что это за изотоп? Определите среднюю продолжительность жизни его атомов.

Задача № 4. Для антистатической обработки материалов используется препарат, в состав которого входит полоний $^{210}_{84}\text{Po}$ с периодом полураспада 138 суток. Сколько атомов распадется за сутки, если первоначальное количество полония 10^{-6} кг?

Задача № 5. Период полураспада радиоактивного аргона $^{41}_{18}\text{Ar}$ равен 110 мин. Определить время, за которое распадется 20% первоначальной массы атомов.

Задача № 6. Найти период полураспада $T_{1/2}$ радиоактивного изотопа, если количество радиоактивных ядер его за время $t = 10$ суток уменьшилось на 24% по сравнению с первоначальным количеством радиоактивных ядер.

Задача № 7. Определить, какая доля радиоактивного изотопа актиния $^{225}_{89}\text{Ac}$ распадется в течение времени $t = 6$ сут.

Задача № 8. Счетчик α -частиц, установленный вблизи радиоактивного изотопа, при первом измерении регистрировал $N_1 = 1400$ частиц в минуту, а через время $t = 4$ часа — только $N_2 = 400$. Определить период полураспада $T_{1/2}$ изотопа.

Задача № 9. Стабильный изотоп натрия $^{23}_{11}\text{Na}$ облучается дейтронами и превращается в радиоактивный изотоп натрия $^{24}_{11}\text{Na}$ с периодом полураспада 11,5 часа. Какая доля радиоактивного натрия останется через сутки после облучения?

Задача № 10. За какое время распадется 99% атомов стронция $^{90}_{38}\text{Sr}$, выпавшего во время термоядерных испытаний в 1954 году?

Активность

Задача № 11. Какое количество урана $^{238}_{92}\text{U}$ имеет такую же активность, как 1 мг стронция $^{90}_{38}\text{Sr}$?

Задача № 12. Навеска радиоактивного радия $^{230}_{88}\text{Ra}$ массой 0,5 мг через 10 минут снизила активность до $A = 222$ ТБк. Найти период полураспада и среднее время жизни этого изотопа. Определить, через какое время распадется 99% первоначального количества его атомов.

Задача № 13. Для уничтожения вредителей зерна в зернохранилище используют кобальт $^{60}_{27}\text{Co}$ в виде проволоки массой 1 г. Содержание радиоактивного кобальта в проволоке составляет 0,01% от массы проволоки. Определить первоначальную активность кобальта и его активность спустя 2 года.

Задача № 14. На сколько процентов уменьшится активность изотопа йода $^{131}_{53}\text{I}$ через 30 дней после начала распада?

Задача № 15. Во сколько раз уменьшится активность изотопа иридия $^{192}_{77}\text{Ir}$ через 20 суток и на сколько процентов уменьшится активность этого изотопа через 15 суток?

Задача № 16. Активность навески радиоактивного серебра $^{105}_{47}\text{Ag}$ массой 50 мг через некоторое время снизилась в 5 раз и составила 11,5 ТБк. Определить промежуток времени, в течение которого это произошло, и количество распавшегося к этому времени изотопа. Найти период полураспада и среднее время жизни атомов данного изотопа.

Задача № 17. Найти отношение удельной активности стронция $^{90}_{38}\text{Sr}$ к удельной активности радия $^{226}_{88}\text{Ra}$.

Задача № 18. При бомбардировке изотопа алюминия $^{27}_{13}\text{Al}$ α -частицами получается радиоактивный изотоп фосфора $^{30}_{15}\text{P}$, который затем распадается с выделением позитрона. Напишите уравнения обеих реакций. Найдите удельную активность этого изотопа, если известно, что период его полураспада равен 130 сек.

Задача № 19. Чтобы определить возраст древней ткани, была найдена концентрация в ней атомов $^{14}_6\text{C}$. Она оказалась соответствующей 8,7 распадам в минуту на 1 г углерода. Концентрация $^{14}_6\text{C}$ в живых растениях соответствует распадам в минуту на 1 г углерода. Исходя из этих данных, определить возраст ткани и концентрацию этого изотопа в углероде живых растений.

Задача № 20. В урановой руде отношение массы содержащегося в ней изотопа $^{238}_{92}\text{U}$ к массе изотопа свинца $^{206}_{82}\text{Pb}$ равно 3,2. Оценить возраст руды, считая, что весь свинец $^{206}_{82}\text{Pb}$ является конечным продуктом распада уранового ряда.

Элементы дозиметрии

Задача № 21. На расстоянии 10 см от точечного источника γ -излучения мощность экспозиционной дозы $D_3 = 0,2$ Р/мин. На каком наименьшем расстоянии от источника экспозиционная доза излучения D_3 за шестичасовой рабочий день не превысит предельно допустимую 0,02 Р? Поглощением γ -излучения в воздухе пренебречь.

Задача № 22. Определить мощность поглощенной дозы в воздухе на расстоянии 2 м от точечного источника γ -квантов с активностью 100 мкКи и энергией кванта $E = 2$ МэВ. Считать выход квантов $\eta = 100\%$.

Задача № 23. Рассчитать мощность и экспозиционной доз в воздухе на расстоянии 20 м от точечного источника γ -квантов с активностью 100 мкКи и энергией кванта $E = 2$ МэВ. Считать выход квантов $\eta = 100\%$.

Задача № 24. Плотность потока квантов составляет 10^4 квантов/см²·с. Определить мощность эквивалентной дозы в биологической ткани, если энергия кванта $E = 1,17$ МэВ.

Задача № 25. Какова должна быть активность точечного источника γ -квантов с энергией 0,7 МэВ, чтобы мощность поглощенной дозы в воздухе составляла 0,1 мкГр/с? Рассчитайте поглощенную дозу за час и за сутки на расстоянии 4 м от источника.

Задача № 26. На расстоянии $r = 10$ см от точечного источника γ -излучения мощность экспозиционной дозы $D_3 = 0,86$ мкА/кг. На каком наименьшем расстоянии r_{\min} экспозиционная доза излучения D_3 за рабочий день продолжительностью $t = 6$ часов не превысит предельно допустимую дозу $D_0 = 5,16$ мкКл/кг. Поглощением γ -излучения в воздухе пренебречь.

Задача № 27. Мощность экспозиционной дозы D_3 γ -излучения на расстоянии $r_1 = 40$ см от точечного источника равна 4,30 мкА/кг. Определить время t , в течение которого можно находиться на расстоянии $r_2 = 6$ м от источника, если предельно допустимую экспозиционную дозу принять равной $D_0 = 5,165$ мкКл/кг. Поглощением γ -излучения в воздухе пренебречь.

Задача № 28. Какая доля всех молекул, содержащихся в 1 см³ воздуха при нормальных условиях, ионизируется рентгеновскими лучами при экспозиционной дозе $D_3 = 1$ Р?

Задача № 29. На расстоянии 10 см от точечного γ -излучения мощность экспозиционной дозы $D_0 = 0,2$ Р/мин. На каком расстоянии от источника экспозиционная доза излучения за шестичасовой рабочий день не превысит $D_3 = 0,02$ Р? Поглощением γ -излучения в воздухе пренебречь.

Задача № 30. Найти поток излучения от точечного источника на площадку 1 см^2 , находящуюся на расстоянии от 1 м от него (при каждом акте распада испускается 1 γ -квант с энергией 1,28 МэВ). Источником излучения является ${}_{11}^{24}\text{Na}$.

Превращение ядер при радиоактивном распаде. Поглощение γ -излучения

Задача № 31. Определить порядковый номер, массовое число и заряд ядра изотопа, который получается из ядра изотопа протактиния ${}_{91}^{233}\text{Pa}$ в результате одного β - и двух α -превращений.

Задача № 32. Какой изотоп образуется из ядра ${}_{90}^{234}\text{Th}$ после четырех α -распадов и двух β -распадов? Чему равен заряд ядра изотопа, полученного в результате распада ядра ${}_{90}^{234}\text{Th}$?

Задача № 33. Какой изотоп образуется из радиоактивного изотопа лития ${}_{3}\text{Li}$ после одного β -распада и одного α -распада? Чему равен заряд ядра изотопа лития и ядра образованного изотопа?

Задача № 34. Определить порядковый номер, массовое число и число нуклонов, протонов и нейтронов нуклида, который получится из тория ${}_{90}^{232}\text{Th}$ после трех α - и двух β -превращений.

Задача № 35. Сколько α - и β -частиц выбрасывается при превращении ядра урана ${}_{92}^{233}\text{U}$ в ядро висмута ${}_{83}^{209}\text{Bi}$?

Задача № 36. Во сколько раз уменьшится интенсивность рентгеновских лучей с длиной волны $\lambda = 0,2 \cdot 10^{-10}$ м при прохождении слоя железа толщиной 0,15 мм. Массовый коэффициент железа для этой длины волны равен $1,1 \text{ м}^2/\text{кг}$.

Задача № 37. Сколько слоев половинного ослабления необходимо для уменьшения интенсивности рентгеновских лучей в 80 раз?

Задача № 38. На какую глубину нужно погрузить в воду источник узкого пучка γ -лучей, чтобы интенсивность пучка, выходящего из воды, была уменьшена в 1000 раз? ($\mu_{\text{воды}} = 0,06 \text{ см}^{-1}$ для данного пучка γ -лучей).

Задача № 39. Какой толщины с этой целью (смотри зад № 38) можно использовать свинцовый экран?

Задача № 40. Чугунная плита уменьшает интенсивность узкого пучка γ -лучей (энергия квантов 2,0 МэВ) в 12 раз. Во сколько раз уменьшит интенсивность этого пучка свинцовая плита такой же толщины? (Для данной энергии квантов $\mu_{\text{чуг.}} = 0,3 \text{ см}^{-1}$, $\mu_{\text{свин.}} = 0,52 \text{ см}^{-1}$).

Темы рефератов для второй части контрольной работы

1. Психологический аспект радиационного воздействия.
2. Радиобиологический парадокс.
3. Ядерная зима.
4. Радиоизотопные методы в медицине.
5. Проблемы радиоизотопной датировки археологических находок и исторических памятников.
6. Проблема радиоактивных отходов — существует ли решение?
7. Ядерная энергетика и ее альтернативы.
8. Особенности воздействия малых доз радиации.
9. Чернобыльский синдром.
10. Термоядерная энергетика — прошлое, настоящее и будущее.
11. Особенности воздействия разных видов ионизирующего излучения на биологические объекты.
12. Особенности дозиметрии α -частиц.
13. Дозиметрия β -излучения.
14. Дозиметрия γ -излучения.
15. Нейтронная дозиметрия.
16. Методы защиты от внутреннего облучения.
17. Методы защиты от внешнего облучения.
18. Метод определения поглощенной дозы по зубной эмали и другим органам организма.
19. Рентгеноскопия — за и против.
20. Генетические последствия радиационного поражения.

21. Индивидуальная дозиметрия.
22. Способы рекультивации и хозяйственного использования объектов природной среды, подвергнутых радиационному загрязнению.
23. Особенности воздействия больших доз радиации. Протекторы и модификаторы.
24. Молекулярные механизмы биологического действия радиации.
25. Транспортировка радиационных грузов.
26. Методы хранения и захоронения радиоактивных отходов.
27. Радиационная гигиена.
28. Нормативно-правовая база эксплуатации радиационных приборов, устройств и оборудования.
29. Нормативно-правовая база защиты населения и обслуживающего персонала от радиации.
30. Сравнительная оценка мер радиационной защиты населения, обслуживающего персонала, окружающей природной среды в России и за рубежом.

Периоды полураспада радиоактивных изотопов

Таблица I

Изотоп	Символ изотопа	Некоторые продукты распада	Период полураспада
Актиний	$^{225}_{89}\text{Ac}$	$^{221}_{87}\text{Fr}$	10 суток
Иод	$^{131}_{53}\text{I}$	$^{131}_{54}\text{Xe}, \gamma$	8 суток
Кобальт	$^{60}_{27}\text{Co}$	$^{60}_{28}\text{Ni}, \gamma$	5,3 года
Углерод	$^{14}_6\text{C}$	$^{14}_7\text{N}$	$5,7 \cdot 10^3$ лет
Радий	$^{226}_{88}\text{Ra}$	$^{222}_{86}\text{Rn}, \gamma$	$1,62 \cdot 10^3$ лет
Радон	$^{222}_{86}\text{Rn}$	$^{218}_{84}\text{Po}$	3,8 суток
Стронций	$^{90}_{38}\text{Sr}$	$^{90}_{39}\text{Y}$	28 лет
Цезий	$^{137}_{55}\text{Cs}$	$^{137}_{56}\text{Ba}$	30 лет
Торий	$^{229}_{90}\text{Th}$	$^{226}_{88}\text{Ra}, \gamma$	$7 \cdot 10^3$ лет
Уран	$^{238}_{92}\text{U}$	$^{234}_{90}\text{Th}, \gamma$	$4,5 \cdot 10^9$ лет
Тритий	^3_1H	^3_2He	12,4 года
Иридий	$^{192}_{77}\text{Ir}$	$^{192}_{78}\text{Pt}, \gamma$	75 суток
Фосфор	$^{32}_{15}\text{P}$	$^{31}_{16}\text{S}$	14,3 суток
Изотоп натрия	$^{24}_{11}\text{Na}$	γ	14,8 часа

Некоторые единицы измерения, применяемые в радиационной дозиметрии

Таблица П2

Величина и символ	Наименование и обозначение единиц		Связь между единицами
	СИ	Внесистемные	
Активность A	Беккерель (1 распад в секунду), $1 \text{ Бк} = 1 \text{ с}^{-1}$	Кюри; 1 Ки	$1 \text{ Ки} = 3,7 \cdot 10^{10} \text{ Бк}$
Экспозиционная доза, D_x	1 Кл/кг (В 1 кг сухого атмосферного воздуха производится заряд 1 Кл)	Рентген; 1 Р	$1 \text{ Р} = 2,58 \cdot 10^{-4} \text{ Кл/кг}$
Мощность экспозиционной дозы, P_x	1 Кл/(кг·с)	1 Р/с	$1 \text{ Р/с} = 2,58 \cdot 10^{-4} \text{ Кл/(кг·с)}$
Поглощённая доза D_n	Грей (1 кг облученного вещества передается энергия 1 Дж), $1 \text{ Гр} = 1 \text{ Дж/кг}$	Рад; 1 рад	$1 \text{ рад} = 10^{-2} \text{ Гр}$
Эквивалентная доза H	Зиверт (доза, при которой 1 кг стандартной биологической ткани поглощает энергию 1 Дж); 1 Зв	бэр; 1 бэр	$1 \text{ бэр} \approx 0,01 \text{ Зв}$