



Российская Академия Наук

РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК

**ИНСТИТУТ ПРОБЛЕМ
БЕЗОПАСНОГО РАЗВИТИЯ
АТОМНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ**



RUSSIAN ACADEMY OF SCIENCES

**NUCLEAR SAFETY
INSTITUTE**

Препринт ИБРАЭ № IBRAE-2017-09

Preprint IBRAE-2017-09

П.А. Блохин, П.А. Кизуб, С.В. Панченко

**ДОЗОВЫЕ КОЭФФИЦИЕНТЫ ДЛЯ ОЦЕНКИ
ВОЗДЕЙСТВИЯ ВНЕШНЕГО ГАММА-
ИЗЛУЧЕНИЯ НА РАЗНЫЕ ВИДЫ ЖИВЫХ
ОРГАНИЗМОВ**

Москва
2017

Moscow
2017

УДК 504.064:621.039.7+577.346:539.1.074

Блохин, П.А. Дозовые коэффициенты для оценки воздействия внешнего гамма-излучения на разные виды живых организмов / П.А. Блохин, П.А. Кизуб, С.В. Панченко — (Препринт / Ин-т проблем безопас. развития атом. энергетики РАН, № IBRAE-2017-09). — М. : ИБРАЭ РАН, 2017. — 44 с. — Библиогр.: 11 назв. — 50 экз.

Оценка дозовых нагрузок на биоту постепенно становится обязательным требованием при обосновании безопасности радиационно опасных объектов. Широкий спектр радионуклидов и огромное число видов биоты заставляют искать универсальные подходы для разработки соответствующих методик расчета.

В работе выполнены расчеты значений дозовых коэффициентов внешнего облучения для различных характерных для РФ референтных видов биоты от радионуклидов, испускающих при распаде γ -кванты с энергиями от $\approx 0,1$ до 2 МэВ. Рассмотрены сценарии облучения референтных видов при нахождении их в воздухе, воде, почве и на поверхности земли.

©ИБРАЭ РАН, 2017

Blokhin, P.A. Dose coefficients to estimate the external gamma irradiation effect upon different kinds of biota / P.A. Blokhin, P.A. Kizub, S.V. Panchenko — (Preprint / Nuclear Safety Institute RAS, IBRAE-2017-09). — Moscow : NSI RAS, 2017. — 44 p. — Bibliogr.: 11 items.

Estimation of dose impact upon the biota gradually becomes mandatory requirement by substantiation of safety for objects of radiation danger. The wide specter of radionuclides and enormous number of biota kinds makes one to search for universal ways for development of corresponding calculation methods.

This article shows the results of dose coefficients calculations of external irradiation for different kinds of biota typical for Russian Federation from radionuclides emitting by decay γ -rays with energies from ≈ 0.1 to 2 MeV. The scenarios of referent species being in the air, water, ground, and on the surface of earth are examined.

©Nuclear Safety Institute, 2017

Дозовые коэффициенты для оценки воздействия внешнего гамма-излучения на разные виды живых организмов

П.А. Блохин, П.А. Кизуб, С.В. Панченко

ИНСТИТУТ ПРОБЛЕМ БЕЗОПАСНОГО РАЗВИТИЯ АТОМНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ

115191, Москва, ул. Б. Тульская, 52

тел.: (495) 955-23-21, эл. почта: panch@ibrae.ac.ru

Содержание

Введение	3
1 Метод расчета дозовых коэффициентов	5
2 Постановка задачи и расчетные модели.....	5
3 Результаты расчетов.....	11
Дозовые коэффициенты для наземных видов животных DCF_{air} . Источник γ -излучения в воздухе	11
Дозовые коэффициенты для водоплавающих видов животных DCF_{water} . Источник γ -излучения в воде.....	12
Дозовые коэффициенты для наземных видов животных DCF_{soil} . Источник фотонного излучения в почве.....	14
4 Обсуждение результатов	17
Заключение.....	19
Литература.....	19
Приложение.....	20

Введение

Сохранение качества окружающей среды, обеспечивающей устойчивое развитие общества, признано одной из наиболее острых проблем современности. Экологический императив, с учетом увеличивающихся потребностей в удовлетворении энергетических нужд человечества, относится к числу первых приоритетов в такой практической деятельности, какой является энергетика [1]. В полной мере это относится и к ядерной энергетике, становление которой уже прошло непростой 60-летний путь своего развития. Современная система радиационной защиты человека формировалась в течение десятилетий, в результате накопления новых данных и на их основе регулярных ревизий с интервалом в 10-15 лет основных положений. Поэтому формируемая в настоящее время система для радиационной защиты окружающей среды также потребует времени для развития, и аналогично будет являться предметом пересмотра по мере накопления новых данных.

В соответствии с Федеральным законом «Об охране окружающей среды» от 10 января 2002 года №7-ФЗ (статья 1, п.п. 18, 19, 22; статья 19 п. 1; статья 23 п. 1) при соблюдении природоохранных нормативов, в том числе нормативов допустимых выбросов и сбросов радиоактивных веществ должны обеспечиваться условия сохранения благоприятной окружающей среды и экологической безопасности, достаточные для устойчивого функционирования естественных экологических систем, природных и природно-антропогенных объектов, а также сохранения биологического разнообразия. Для соблюдения требований закона № 7-ФЗ Министерством природных ресурсов и экологии Российской Федерации и Федеральной службой по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды были выпущены рекомендации [2], которые устанавливают порядок оценки радиационно-экологического воздействия на объекты природной среды на основе данных мониторинга радиационной обстановки в зоне наблюдения радиационных объектов и на радиоактивно загрязненных участках, а также устанавливают критерии допустимого радиационного воздействия на различные виды живых организмов* и критерии экологически безопасного облучения.

* Вид — это совокупность особей, сходных по строению, имеющих одинаковый набор хромосом и общее происхождение, свободно скрещивающихся и дающих плодовитое потомство, приспособленных к сходным условиям обитания и занимающих определенный ареал.

Однако для целого ряда прикладных задач в области проектирования и эксплуатации радиационно опасных объектов данных мониторинга оказывается недостаточно для выполнения оценок радиационного воздействия на объекты биоты с приемлемой точностью в связи с ограниченным числом данных мониторинга или вовсе их отсутствием, которое обусловлено частично и очень низкими уровнями присутствия радиоактивных веществ в природных средах. Оценка возможных доз на биоту важна для обоснования долгосрочной безопасности особых радиоактивных отходов [3]. В подобных случаях традиционно прибегают к моделированию условий облучения некоторых видов живых организмов.

В самом общем виде вклад i -го радионуклида в мощность дозы облучения k -го референтного вида складывается из внутреннего облучения от радионуклида, инкорпорированного в ткани и органы биообъекта (\dot{D}_{ik}^{int}) и внешнего облучения (\dot{D}_{ik}^{ext}) от радионуклида, содержащегося в средах обитания (почва, вода, воздух) рассматриваемого вида:

$$\dot{D}_{ik} = \dot{D}_{ik}^{int} + \dot{D}_{ik}^{ext} . \quad (1)$$

Настоящая работа посвящена вопросам оценки внешнего облучения (\dot{D}_{ik}^{ext}) от различных γ -излучающих радионуклидов на представителей широкого круга видов живых организмов, обитающих в почве, воде и в воздухе с целью получения некоторых упрощенных соотношений для определения дозовых коэффициентов, позволяющих перейти от измеряемых или расчетных величин уровней загрязнения природных сред перейти к мощности дозы на конкретные виды.

Расчетные значения дозовых коэффициентов для ряда референтных видов наземной, подземной и водной биоты приводятся в международных публикациях [4-6]. При этом охват радионуклидов в этих публикациях достаточно представительный (75 радионуклидов), а вот количество рассматриваемых видов ограничивается десятком так называемых «референтных видов». Как известно, для обоснования защищенности объектов окружающей среды Международная комиссия по радиологической защите (МКРЗ) в публикации № 108 [4] взяла на вооружение аналогично ранее принятой концепции «Референтного человека» концепцию «Референтных животных и растений», предложенную Pentreath [7]. В перспективе по мере накопления эмпирических данных список референтных видов будет расширяться.

Российская Федерация обладает самой большой территорией и широким разнообразием природных ландшафтов. В этой связи целесообразно, придерживаясь рекомендаций МКРЗ, расширить (или пересмотреть) список референтных видов с учетом региональных особенностей размещения ОИАЭ. Такая необходимость может возникнуть и при сравнительной оценке предполагаемых площадок размещения ОИАЭ и оценке возможного ущерба окружающей в связи с размещением нового объекта. В этом случае среди видов, которые будут испытывать дополнительные техногенные нагрузки, могут оказаться и виды, занесенные в Красные книги разного уровня. В этом случае оценка дозовых нагрузок на такие виды тоже может оказаться желательной. Вообще, чтобы оценить возможные дозовые нагрузки на произвольный вид биоты, полезно иметь некоторые наработки реалистических оценок, которые бы позволили интерполировать (экстраполировать) без существенной потери в точности величину мощности дозы на выбранный вид. С этой целью в настоящей работе и приводятся целый цикл расчетов для фиксированных условий обитания ряда живых организмов. Результаты выполненных расчетов, как мы надеемся, могут помочь сделать ряд полезных выводов относительно оценок мощности дозы внешнего γ -облучения на самые различные виды обитателей нашей планеты.

1 Метод расчета дозовых коэффициентов

Современный подход к расчету дозовых коэффициентов основан на трехмерном моделировании пространственных форм и материального состава биообъекта, его среды обитания и источника излучения, и последующего процесса взаимодействия испускаемого источником излучения с точечным объемом биообъекта. Такие расчеты принято проводить, используя программы, где реализован метод Монте-Карло, так как они позволяют моделировать точную геометрию: биообъекта, защиты, источника ионизирующего излучения и пр., а также наиболее корректно задавать характеристики источника (энергию, распределение и пр.). В работе, для расчета дозовых коэффициентов для наземной, подземной и водной биоты использовалась программа MCU [8].

В процессе переноса ионизирующих частиц и взаимодействий с веществом происходит поглощение их энергии в среде и объекте, сопровождающееся возбуждением атомов и молекул, ядерными превращениями, образованием вторичных нейтральных или заряженных частиц.

Для вычисления поглощенной энергии излучения в единице массы вещества за единицу времени (мощности поглощенной дозы \dot{D}) необходимо знать энергетические распределения плотности потока частиц $\varphi(E)$ и сечения поглощения $\mu_{en}(E)$ в данном веществе:

$$\dot{D} = \int \varphi(E) \cdot E \cdot \mu_{en}(E) dE. \quad (2)$$

Поглощение энергии и сопровождающие его процессы в живой ткани приводят к возникновению химически активных продуктов — ионов и свободных радикалов, которые взаимодействуют с молекулами живых клеток, повреждают их, вызывая биологические эффекты облучения. Для учета специфического воздействия излучений на биологические объекты вычисляют мощность эквивалентной дозы \dot{H} , используя дополнительный множитель — коэффициент качества $k(E)$, зависящий от вида излучения и его энергии:

$$\dot{H} = \int \varphi(E) \cdot E \cdot \mu_{en}(E) \cdot k(E) dE = \int \varphi(E) \cdot K_H(E) dE, \quad (3)$$

где $K_H(E)$ — коэффициент преобразования плотности потока частиц с энергией E в мощность эквивалентной дозы, размерность K_H Зв·см². В работе рассматриваются только γ -излучающие радионуклиды, для которых $K_H=1$ Зв·см². По существу в работе оцениваются величины \dot{D} для различных участков тела того или иного представителя биоты. В какой-то мере это связано с традицией, но в значительной мере еще и потому что рассматриваемые ныне ограничительные уровни облучения биоты выражаются в единицах поглощенной дозы.

В дальнейшем предполагается провести расчеты для α -излучателей различной энергии с использованием уравнения (3).

2 Постановка задачи и расчетные модели

Целью работы является определение и последующий анализ дозовых коэффициентов при внешнем γ -излучении для ряда референтных видов живых организмов. При этом из растительного сообщества выбран в качестве иллюстрации только один вид из травянистых растений — ковыль Лессинга, а животный мир представлен заметно шире — 15 видами, обитающих в различных средах.

Рассматриваются животные различных размеров: наименьшие моделируемые виды — муравей, малек и медоносная пчела; наибольшие — лось, слон и синий кит. Тела отдельных видов биоты для упрощения расчетов задаются в виде фантома — цилиндра для животных с осью параллельной оси OX , для растения в виде цилиндра с осью параллельной оси OZ .

Рассматриваемые фантомы референтных видов и их размеры (высота и радиус цилиндра) представлены в таблице 1.

Материальный состав всех референтных видов животных задается приближенным к составу стандартной биологической ткани [9], основными компонентами которой являются водород, кислород и углерод (табл. 2).

Таблица 1. Размеры референтных видов

Референтный вид	Длина тела, см	Радиус, см
Муравей	0,6	0,1
Медоносная пчела	2	0,3
Малек	4	0,25
Полевая мышь	7	1,35
Полевой жаворонок	7	1,5
Дождевой червь	12	0,25
Окунь	25	3
Утка	25	4
Сурок	30	6
Ковыль Лессинга	50	0,3
Ястреб	55	3
Щука	70	3,5
Уж обыкновенный	70	1,5
Косуля	70	14
Лось	150	30
Слон	500	65
Синий кит	3000	150

Таблица 2. Принятый в расчетах элементный состав референтных видов

Элемент	Массовая доля, %	
	Животные	Растение
H	10,15	9,04
O	65,99	76,31
C	18,27	10,04
N	3,05	–
Ca	1,52	0,30
P	1,02	–
Fe	–	4,01
K	–	0,30
Плотность, г/см ³	1,00	1,00

В качестве источника внешнего γ -излучения выбраны отдельные радионуклиды. В основу выбора положены их биологическая значимость и физические характеристики (разные энергии испускаемых γ -квантов). В почве – это Tc-97m, Ce-141, Pb-212, I-131, Ru-103, Cs-137, Nb-95, Ag-110m, Co-60, K-40 и Sb-124; в воде — Ce-141, I-131, Ru-103, Nb-95, K-40 и Sb-124; в воздухе — Xe-133, Kr-85m, Kr-87 и Ar-41. Характерные вероятности образования фотонов I_γ и их энергии E_γ при распаде рассматриваемых радионуклидов представлены в таблице 3 [10].

Источник задается равномерно распределенным в среде обитания референтного вида (вода, почва или воздух) и имеет изотропное угловое распределение.

В расчетах выбранный вид биоты размещается в среде его обитания (вода, почва или воздух), которая задается в виде призмы с размерами, зависящими от длины свободного пробега γ -квантов моделируемых энергий и размеров собственно животного. Материальный состав воды, почвы и воздуха принятый в расчетах приведен в таблице 4.

Таблица 3. Вероятности образования γ -квантов и их энергии для радионуклидов

Радионуклид	E_γ , МэВ	I_γ , отн. ед.	Радионуклид	E_γ , МэВ	I_γ , отн. ед.
Kr-85m	0,3040	0,029	Co-60	1,1700	0,999
	0,1510	0,593		1,3300	1,000
Kr-87	0,4026	0,496	Sb-124	0,6027	0,983
	0,6738	0,019		0,6459	0,075
	0,8454	0,073		0,7228	0,108
	1,1754	0,011		1,6910	0,478
	1,7405	0,020	2,0909	0,055	
	2,0119	0,029	Nb-95	0,7658	0,998
	2,5548	0,092	Cs-137	0,662	0,900
	2,5581	0,039	Ru-103	0,4971	0,091
Ag-110m	0,4468	0,036	I-131	0,6103	0,058
	0,6204	0,027		0,0802	0,026
	0,6578	0,094		0,2843	0,061
	0,6776	0,106		0,3645	0,817
	0,6870	0,064		0,6370	0,072
	0,7067	0,163	0,7229	0,018	
	0,7443	0,048	K-40	1,4608	0,107
	0,7639	0,226	Pb-212	0,2386	0,436
	0,8180	0,073		0,3001	0,033
	0,8847	0,727	Ce-141	0,1454	0,483
	0,9375	0,342	Tc-97m	0,0965	0,003
	1,3843	0,249	Ar-41	1,2936	0,992
	1,4758	0,042	Xe-133	0,0810	0,380
	1,5050	0,136			
	1,5623	0,012			

Таблица 4. Материальный состав воды, почвы и воздуха

Элемент	Массовая доля, %		
	Вода	Почва	Воздух
H	11,2	–	–
O	88,8	55,6	21,2
N	–	–	78,8
Si	–	36,3	–
Al	–	8,1	–
Плотность, г/см ³	1	1,6	0,0012

Для водоплавающих и подземных животных размеры среды обитания (призмы с водой или почвой) преимущественно определяются размерами животного, поскольку для γ -квантов исследуемых энергий длина свободного пробега в воде или почве не превышает 0,2 м. Так, для малька и синего кита призма с водой имеет размеры $2 \times 2 \times 2$ м³ и $32 \times 5 \times 5$ м³, соответственно; для муравья и сурка призма с почвой имеет размеры $1 \times 1 \times 0,5$ м³ и $1 \times 1 \times 0,72$ м³, соответственно.

При исследовании облучения наземных животных γ -излучением, равномерно распределенным в воздухе, размеры среды обитания (призмы с воздухом) определяются радионуклидом, поскольку длина свободного пробега γ -кванта в воздухе сильно зависит от его энергии. Зависимость длины свободного пробега γ -кванта в воздухе от его максимально возможной энергии для моделируемых радионуклидов представлена в таблице 5. На основании приведенных длин проводился выбор размеров среды обитания в расчетах с источником излучения в воздухе.

Таблица 5. Выбор размеров среды обитания в расчетах с источником γ -квантов в воздухе

Радионуклид	E_γ , МэВ	Длина св. пробега, м	Размеры призмы с воздухом, м ³
Xe-133	0,08	50	300×300×150
Kr-85m	0,30	70	420×420×210
Ar-41	1,30	140	840×840×420
Kr-87	2,60	200	1200×1200×600

Таким образом, для каждого референтного вида расчетная модель формируется из следующих расчетных параметров:

- размеры животного;
- среда обитания животного и ее геометрия;
- расположение животного в данной среде;
- среда, геометрия и энергетическое распределение источника.

Полный перечень рассматриваемых расчетных моделей приведен в таблице 6.

Таблица 6. Расчетные модели

Референтный вид	Среда обитания	Геометрия среды обитания (размеры призмы)	Расположение в среде обитания	Среда источника	Геометрия источника (размеры призмы)
Водоплавающие животные					
Малек	Вода	2×2×2 м ³	1 м вглубь от поверхности	Вода	2×2×2 м ³
Окунь		2,25×2×2 м ³			2,25×2×2 м ³
Щука		2,7×2×2 м ³			2,7×2×2 м ³
Синий кит		32×5×5 м ³			32×5×5 м ³
Утка	Воздух	100×100×100 м ³	На поверхности воды		100×100×0,5 м ³
Подземные животные					
Червь	Почва	1×1×0,5 м ³	5 см вглубь от поверхности	Почва	1×1×0,5 м ³
Муравей	Почва	1×1×0,5 м ³	10 см вглубь от поверхности	Почва	1×1×0,5 м ³
	Воздух	4×4×2 м ³ Зависит от р/н (табл. 5)	На поверхности почвы	Почва	4×4×0,1 м ³
Полевая мышь	Почва	1×1×0,5 м ³	10 см вглубь от поверхности	Почва	1×1×0,5 м ³
	Воздух	4×4×2 м ³ Зависит от р/н (табл. 5)	0,15 см от поверхности	Почва	4×4×0,1 м ³
Уж	Почва	1×1×0,5 м ³	10 см вглубь от поверхности	Почва	1×1×0,5 м ³
	Воздух	4×4×2 м ³ Зависит от р/н (табл. 5)	На поверхности почвы	Почва	4×4×0,1 м
Сурок	Почва	1×1×0,72 м ³	25 см вглубь от поверхности	Почва	1×1×0,72 м ³
	Воздух	100×100×100 м ³ Зависит от р/н (табл. 5)	2 см от поверхности	Почва	100×100×0,1 м ³
Наземные животные					
Косуля	Воздух	100×100×100 м ³	41 см от поверхности	Почва	100×100×0,1 м ³
		Зависит от р/н (табл. 5)		Воздух	Зависит от р/н (табл. 5)
Лось		100×100×100 м ³	1,2 м от поверхности	Почва	100×100×0,1 м ³

Продолжение таблицы 6

Референтный вид	Среда обитания	Геометрия среды обитания (размеры призмы)	Расположение в среде обитания	Среда источника	Геометрия источника (размеры призмы)
		Зависит от р/н (табл. 5)		Воздух	Зависит от р/н (табл. 5)
Слон		100×100×100 м ³	2,15 м от поверхности	Почва	100×100×0,1 м ³
		Зависит от р/н (табл. 5)		Воздух	Зависит от р/н (табл. 5)
Пчела		Зависит от р/н (табл. 5)	2 м от поверхности	Воздух	Зависит от р/н (табл. 5)
Жаворонок		Зависит от р/н (табл. 5)	50 м от поверхности		Зависит от р/н (табл. 5)
Ястреб		Зависит от р/н (табл. 5)	100 м от поверхности		Зависит от р/н (табл. 5)
Ковыль	Воздух	100×100×100 м ³	На поверхности почвы	Почва	100×100×0,1 м ³
		Зависит от р/н (табл. 5)		Воздух	Зависит от р/н (табл. 5)

Как видно из таблицы 6, для некоторых видов животных существует 2 или 3 расчетных модели, что связано либо с несколькими вариантами их среды обитания (муравей, полевая мышь, уж и сурок), либо со средой обитания в воздухе, когда необходимо рассмотрение источника излучения не только в воздухе, но и в почве (косуля, лось, слон и ковыль Лессинга). Так, для сурка проведены расчеты с тремя моделями:

- источник излучения в почве, сурок находится в почве, призма с почвой имеет размеры 1×1×0,72 м³;
- источник излучения в почве, сурок находится на поверхности почвы, призма с почвой имеет размеры 100×100×0,1 м³;
- источник излучения в воздухе, сурок находится на поверхности почвы, призма с воздухом имеет размеры 300×300×150/ 420×420×210/ 840×840×420/ 1200×1200×600 м³ для Xe-133, Kr-85m, Ar-41 и Kr-87, соответственно.

На рисунке 1 представлен вариант геометрии расчетной модели для утки. Фантом животного размещается в центре основания воздушной призмы (рассматриваемая среда обитания для утки) на поверхности воды, которая является источником внешнего фотонного излучения (рис. 1а). Для получения зависимости дозовых коэффициентов вглубь фантома расчет исследуемых функционалов осуществляется в зонах регистрации (мишенях), которые представляют собой цилиндрические слои одинаковой толщины, разбитые по оси OZ пополам. Так, для утки расчет дозовых коэффициентов поведился в 16 зонах регистрации (рис. 1б).

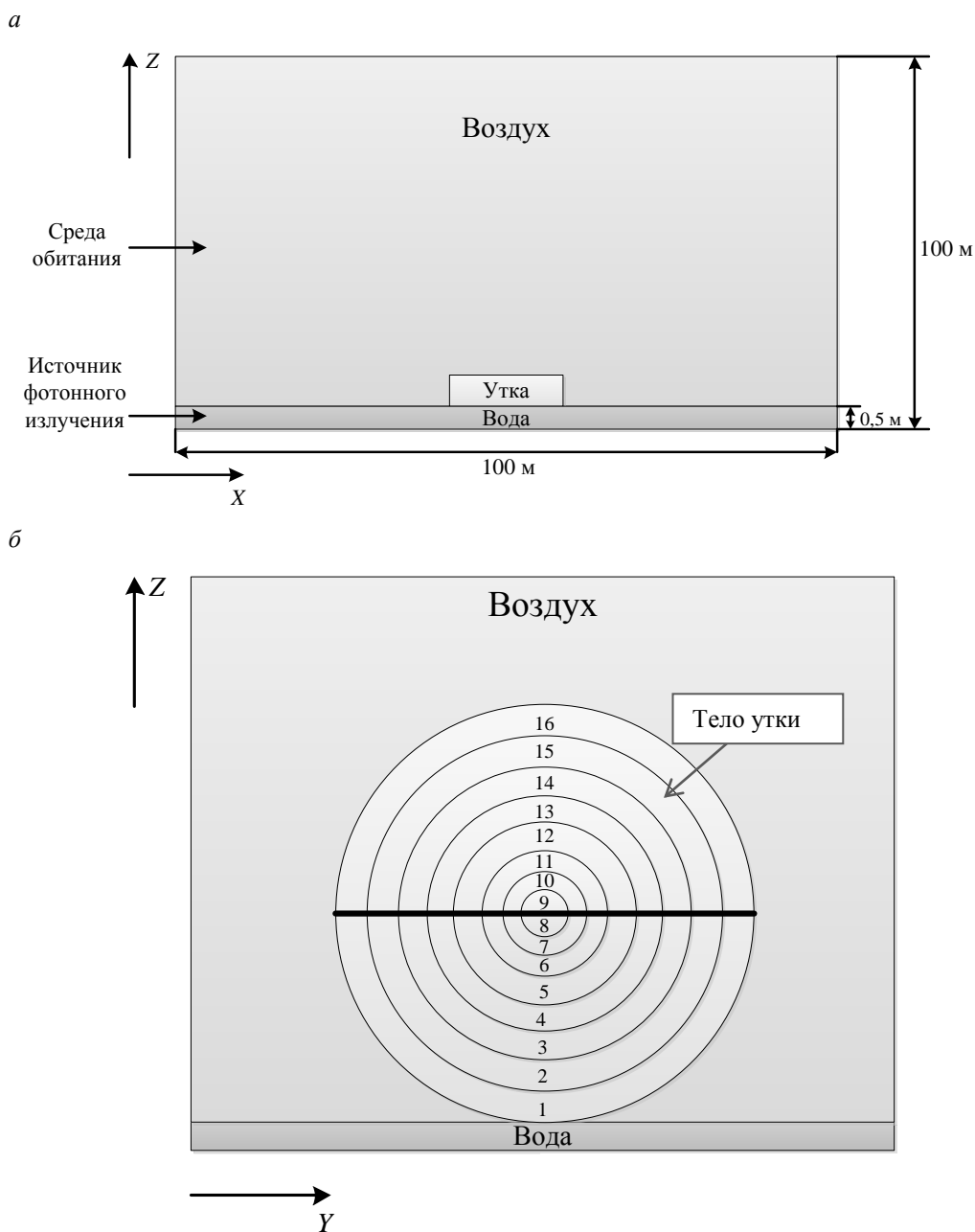


Рисунок 1. Геометрия модели для утки: среда обитания, источник, расположение фантома (а) и зоны регистрации γ -излучения от радионуклидов в воде (б)

Такая упрощенная геометрия объекта облучения, как показали наши расчеты, не существенно (единицы процентов) влияет на значения эффективных дозовых коэффициентов при оценке влияния радиации на организм животного в целом. В то же время при необходимости, приведенные в приложении расчетные значения для каждого из слоев фантома, дают возможность оценить неопределенности, возникающие при расчете доз на отдельные органы животного.

3 Результаты расчетов

Дозовые коэффициенты для наземных видов животных DCF_{air} . Источник γ -излучения в воздухе

Результаты расчетов дозовых коэффициентов для фантомов референтных видов, находящихся в воздушной среде, содержащей радионуклиды, приводятся ниже для следующих ситуаций облучения:

- муравья, находящегося практически на поверхности почвы (на высоте 0,001 см);
- полевой мыши, находящейся на высоте 0,15 см от почвы;
- ужа обыкновенного, находящегося практически на поверхности почвы (на высоте 0,001 см);
- сурка, находящегося на высоте 2 см от почвы;
- косули, находящейся на высоте 41 см от почвы;
- лося, находящегося на высоте 1,2 м от почвы;
- слона, находящегося на высоте 2,15 м от почвы;
- ковыля Лессинга, находящегося практически на поверхности почвы (на высоте 0,001 см);
- пчелы медоносной, находящейся на высоте 2 м от почвы;
- жаворонка полевого, находящегося на высоте 50 м от почвы и
- ястреба, находящегося на высоте 100 м от почвы.

Для выбранных радионуклидов инертных газов (Xe-133, Kr-85m, Kr-87 и Ar-41) расчетные значения дозовых коэффициентов представлены в таблицах П 1 - П 5 Приложения, соответственно.

Расчетные модели для живых организмов небольшого размера (пчелы и муравья) отличаются только расположением фантома животного в воздухе, а конкретно расстоянием от поверхности почвы (муравей на поверхности почвы, пчела — на высоте 2 м от поверхности). В этой связи представляется интересным сравнить полученные значения дозовых коэффициентов для данных видов (табл. 7). Как видно из значений, представленных в таблице 7, задание разных граничных условий для референтных видов малых размеров может приводить к отличию дозовых коэффициентов до 3-х раз.

Таблица 7. Дозовые коэффициенты для пчелы и муравья (источник — воздух)

Р/н	DCF_{air} , мкГр·кг·час ⁻¹ ·Бк ⁻¹		$DCF_{air}^{пчела} / DCF_{air}^{муравей}$
	Пчела	Муравей	
Ar-41	3,66E-04	1,26E-04	2,90
Kr-87	2,03E-04	6,67E-05	3,04
Kr-85m	2,51E-05	8,13E-06	3,09
Xe-133	7,59E-06	6,00E-06	1,27

Значение дозового коэффициента могут еще вырасти в 1,5-2 раза по сравнению с пчелой для организмов, летающих на большой высоте (см., например, для ястреба (табл. П 1))

Расчетные модели для жаворонка и мыши также отличаются только расположением фантома животного в воздухе (мышь на поверхности почвы, жаворонок — на высоте 50 м от поверхности). Как видно из значений, представленных в таблице П 1, задание разных граничных условий для референтных видов таких более крупных размеров может приводить к отличию дозовых коэффициентов до ~2 раз.

Для более крупных животных начинает сказываться неравномерность облучения в зависимости от расположения точки детектирования в теле животного. Это означает, что разные органы животного могут получать различные дозы внешнего облучения при облучении в воздухе. Особенно такая дифференциация существенна для низкоэнергетичных радионуклидов и для особо крупных животных. Так при облучении ¹³³Xe в воздухе дозы облучения различных органов лося могут различаться в 9 раз, а для слона — в 38 раз (табл. П 4 и П 5).

На рисунках 2 и 3 показана пространственная зависимость мощности дозы облучения различными радионуклидами для сурка и для слона соответственно.

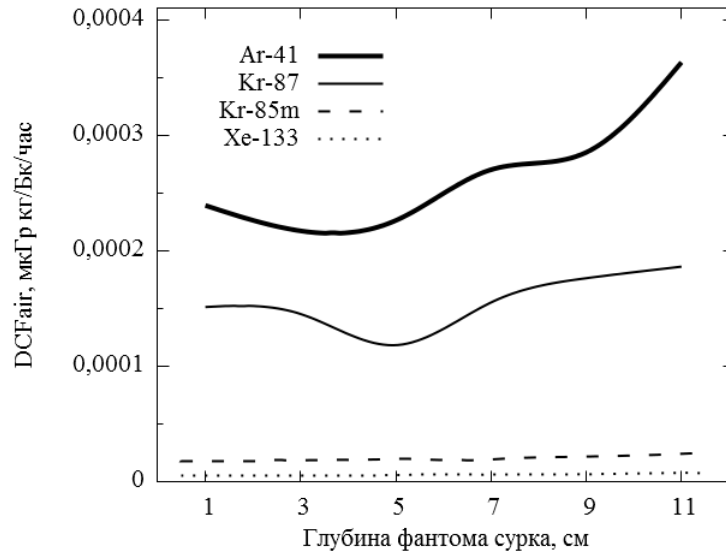


Рисунок 2. Распределение дозовых коэффициентов вглубь фантома сурка для разных радионуклидов (источник — воздух)

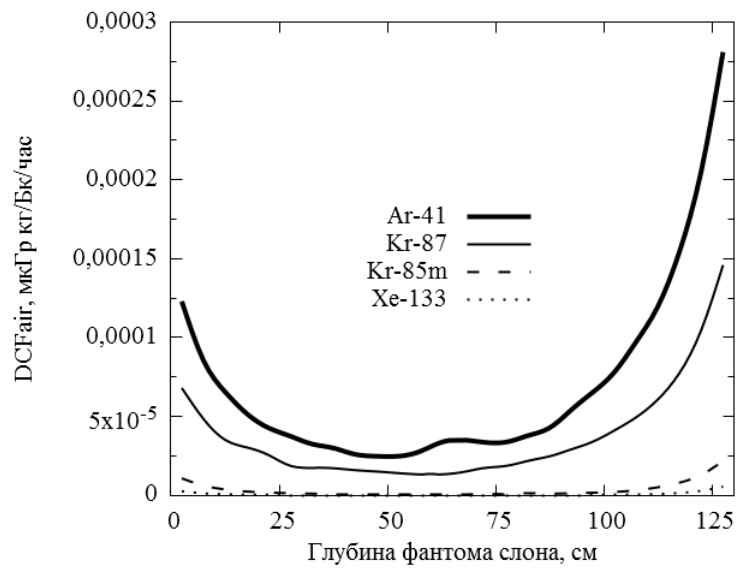


Рисунок 3. Распределение дозовых коэффициентов вглубь фантома слона для разных радионуклидов (источник — воздух)

Дозовые коэффициенты для водоплавающих видов животных DCF_{water} . Источник γ -излучения в воде

Результаты расчетов дозовых коэффициентов для фантомов референтных видов, находящихся в водной среде, содержащей радионуклиды, приводятся ниже для следующих ситуаций облучения и следующих фантомов:

- малька, находящегося в воде на глубине 1 м;
- окуня, находящегося в воде на глубине 1 м;
- щуки, находящейся в воде на глубине 1 м;

- синего кита, находящегося в воде на глубине 1 м, и
- утки, находящейся на поверхности воды.

Для исследования условий облучения были выбраны следующие радионуклиды: Ce-141, I-131, Ru-103, Nb-95, K-40 и Sb-124, отличающиеся по спектру энергий γ -квантов. Результаты выполненных расчетов для выбранных видов представлены в таблицах П 6 - П 10.

Для водоплавающих видов величина мощности дозы в теле существенно зависит от энергии γ -излучающего радионуклида. Среда обитания в этом случае играет роль защитного барьера, роль которого особенно велика для низких энергий (рис. 4).

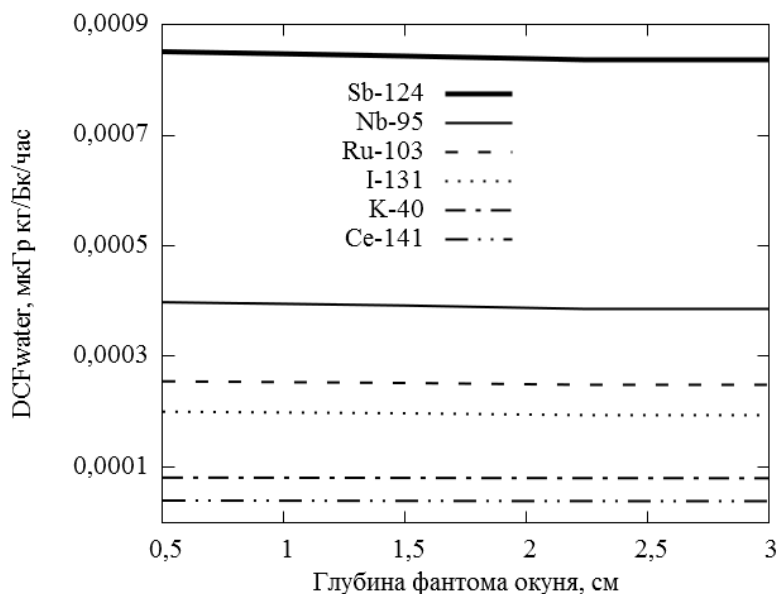


Рисунок 4. Распределение дозовых коэффициентов вглубь фантома окуня для разных радионуклидов

В воде в еще большей степени (чем для воздушной среды) заметна дифференциация доз облучения различных органов, особенно у крупных животных. При этом энергетическая зависимость такой дифференциации менее существенна. Так для кита значения минимальной, максимальной и средневзвешенной мощности дозы для Sb-124 (высокие энергии γ -квантов — около 1,69 МэВ) и Ce-141 (энергия γ -квантов 0,145 МэВ) существенно различаются (табл. 8).

Таблица 8. Величины поглощенных доз в фантоме синего кита от излучения равномерно распределенных в водной среде изотопов Sb-124 и Ce-141

Изотоп	Мощность дозы, $\text{мкГр} \cdot \text{кг} \cdot \text{час}^{-1} \cdot \text{Бк}^{-1}$			Макс/мин
	Минимальная	максимальная	средневзвешенная	
Sb-124	4,44E-6	3,86E-4	1,32E-5	87
Ce-141	1,09E-7	1,62E-5	2,18E-7	149

Зависимость мощности дозы внешнего облучения от местоположения мишени в фантоме синего кита от различных радионуклидов представлена на рисунке 5.

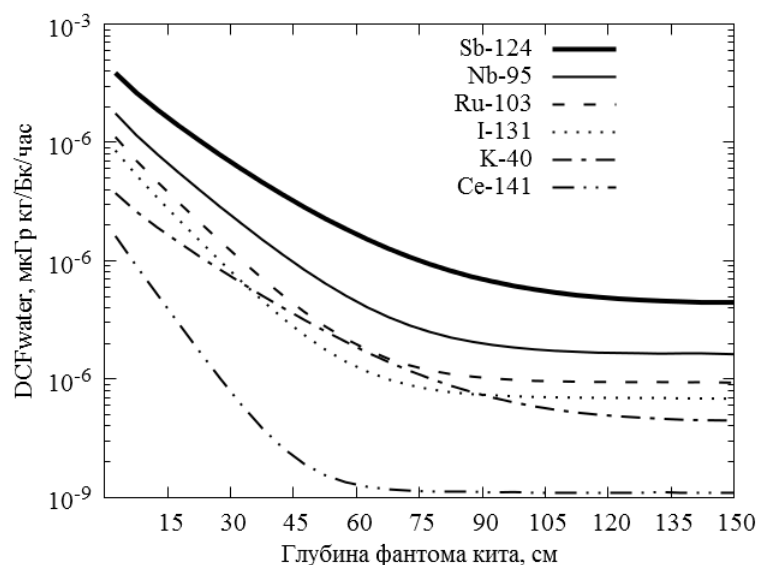


Рисунок 5. Распределение дозовых коэффициентов внешнего облучения вглубь фантома синего кита для радионуклидов с разной энергией γ -квантов

Дозовые коэффициенты для наземных видов животных DCF_{soil} . Источник фотонного излучения в почве

Результаты расчетов дозовых коэффициентов для фантомов референтных видов, находящихся в почвенной среде, содержащей радионуклиды, приводятся ниже для двух ситуаций облучения (в почве и на поверхности почвенного покрова и следующих фантомов:

- муравья (две ситуации облучения);
- червя (только в почве);
- полевая мышь (две ситуации облучения);
- уж обыкновенный (две ситуации облучения);
- сурок (две ситуации облучения).

В качестве радионуклидов были выбраны γ -излучающие нуклиды с широким спектром энергий γ -квантов от Tc-97m (0,097 МэВ) до Ag-110m, Co-60 и Sb-124 с энергиями более 1 МэВ.

Результаты расчетов дозовых коэффициентов для указанных видов и для выбранных радионуклидов, отдельно излучающих в почве, представлены в таблицах П 12 - П 15.

Понятно, что почва как среда обитания обладает среди рассматриваемых сред наибольшим поглощением γ -квантов, и в этом смысле особенности облучения живых организмов играют большее значение. Но одновременно с этим следует отметить, что в почве обитают в основном мелкие животные, крупные хищники, такие как медведи, проводят зимнее время в берлогах, которые, однако, не всегда можно ассоциировать с почвенным покровом. Поэтому разница в дозах облучения отдельных органов в этих случаях меньше чем для синих китов, обладающих самыми крупными размерами из существующих обитателей Земли. При этом энергетический спектр радионуклидов не оказывает заметного влияния для небольших животных. Иллюстрацией отмеченного обстоятельства служат расчеты для сурка (самого крупного животного из рассматриваемых референтных видов со средним весом 3 кг). Для самого мягкого излучателя Tc-97m (0,097 МэВ) разница между максимальной мощностью дозы и минимальной составляла всего около 6 %. Для более жесткого излучателя — Co-60, эта разница составляла примерно 7 % (рис. 6).

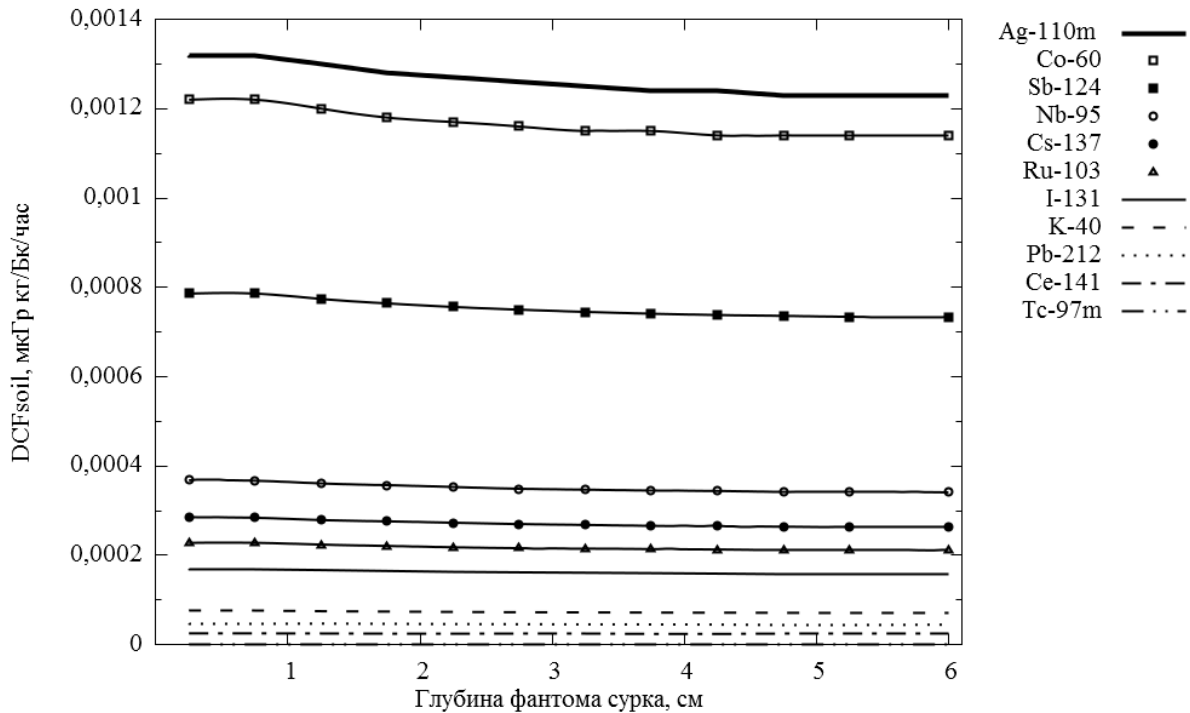


Рисунок 6. Распределение дозовых коэффициентов вглубь фантома сурка для разных радионуклидов. Сурок находится в почве (источник — почва)

На рисунке 7 оказана такая же зависимость мощности дозы от местоположения в фантоме в случае, когда сурок находится на поверхности почвы. В этом случае энергетическая зависимость мощности поглощенной дозы от местоположения мишени в фантоме более заметна. Но она становится значительно существеннее при расчете дозовых коэффициентов для очень крупных животных. Иллюстрируют это положение данные для слона, приведенные на рисунке 8. Здесь различия в мощности дозы для излучателей с низкой энергией (порядка 100 кэВ) могут достигать 35 раз. Результаты расчетов для крупных животных, ведущих наземный образ жизни приведены в таблицах Приложения П 17 - П 19.

Для всех крупных животных наряду с оценкой значений дозовых коэффициентов в локальных точках фантома приводятся и величины средневзвешенных значений, которые обычно и используются при первичных оценках дозовых нагрузок на представителей животного мира.

Особое место занимают расчеты дозовых коэффициентов для растений. В этом случае часто нет смысла рассматривать растение целиком. Например, стволы деревьев обладают значительно большей резистентностью по отношению к листьям и молодым побегам. Именно поэтому имеет смысл производить расчеты на вегетативные части растений, которые в основном и осуществляют все основные жизненные функции этого вида жизни. Известно, что при дыхании растений скорость потребления углекислого газа (скорость дыхания) у травянистых растений примерно на 30 % выше, чем у листьев древесных растений [11]. Поскольку для обоснования безопасности требуется оценивать полную дозу облучения (внутреннее + внешнее облучение) в качестве референтного растения нами был выбран вид — ковыль Лессинга. Расчеты дозовых коэффициентов внешнего облучения для ковыля Лессинга приведены в таблице 9.

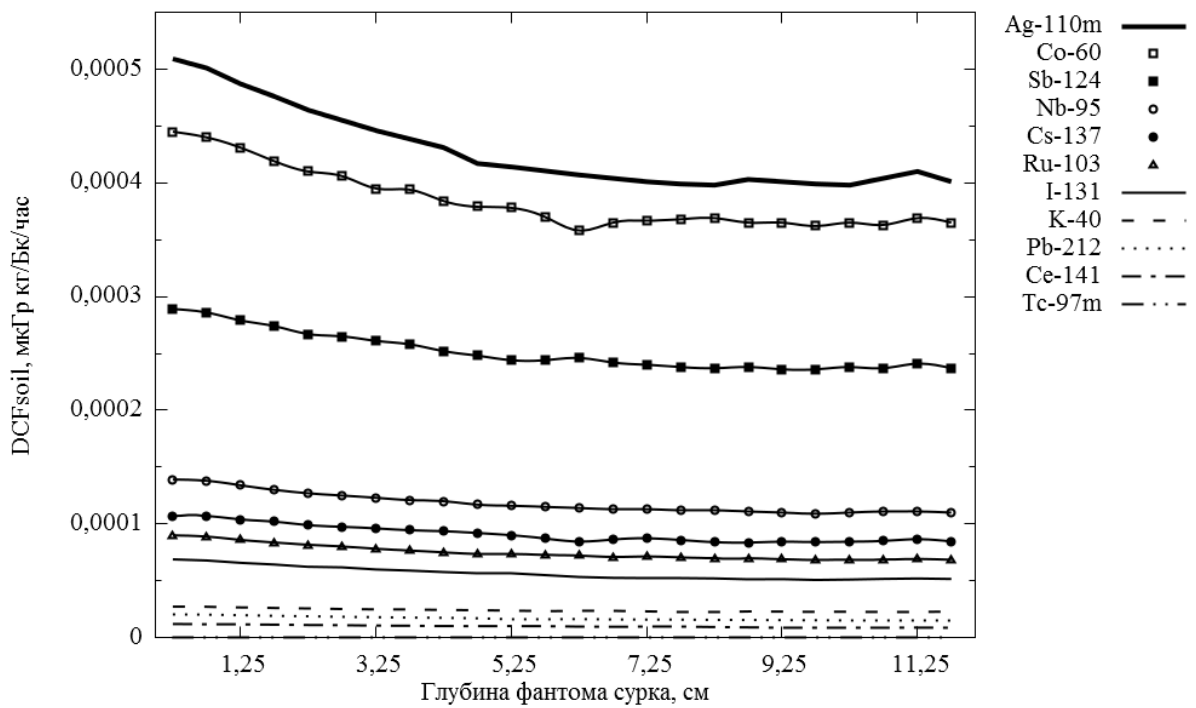


Рисунок 7. Распределение дозовых коэффициентов вглубь фантома сурка для разных радионуклидов. Сурок находится на поверхности почвы (источник — почва)

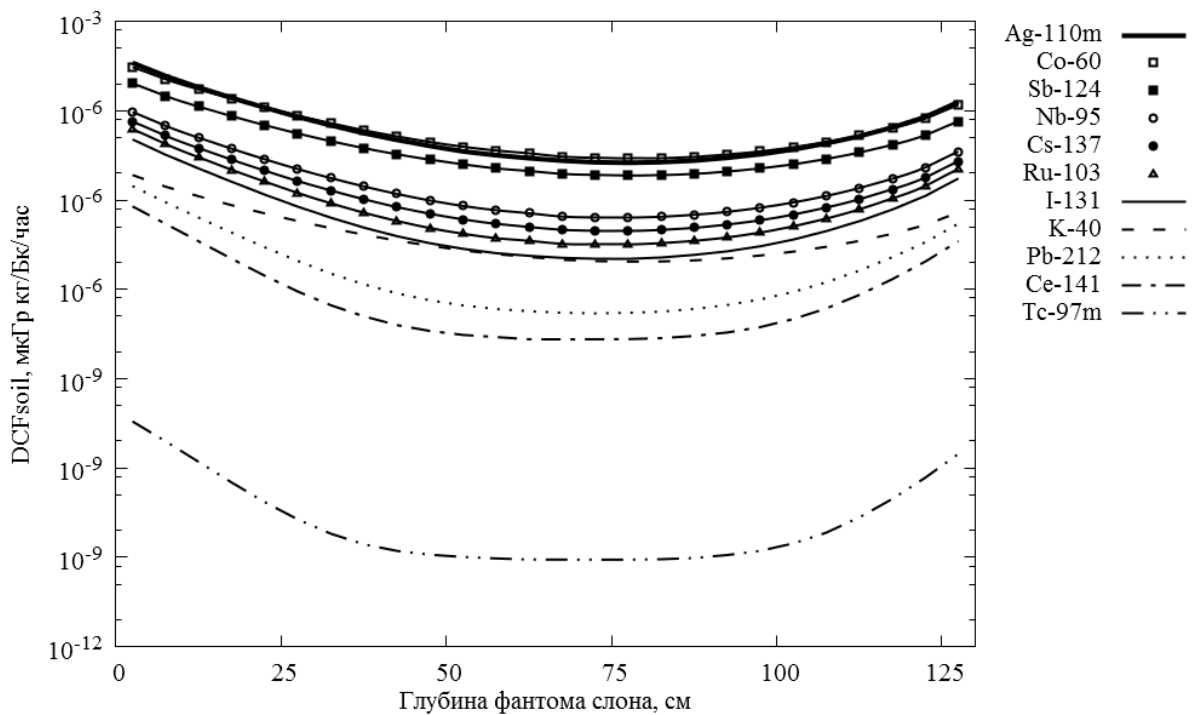


Рисунок 8. Распределение дозовых коэффициентов вглубь фантома слона для разных радионуклидов (источник — почва)

Таблица 9. Дозовые коэффициенты для ковыля Лессинга

Р/н	DCF_{soil} , мкГр·кг·час ⁻¹ ·Бк ⁻¹
Ag-110m	4,94E-04
Co-60	4,66E-04
Sb-124	3,01E-04
Nb-95	1,46E-04
Cs-137	1,13E-04
Ru-103	9,44E-05
I-131	7,48E-05
K-40	2,86E-05
Pb-212	2,29E-05
Ce-141	1,48E-05
Tc-97m	7,13E-08

4 Обсуждение результатов

Результаты выполненных расчетов были сравнены с оценками величин дозовых коэффициентов, полученных в других работах.

Для относительно простых ситуаций облучения, к которым можно отнести внешнее облучение травянистого растения при равномерном загрязнении почвенного покрова одним из радионуклидов, сравним результаты наших расчетов для ковыля Лессинга с данными полученными с помощью американского программного продукта RESRAD для костёра безостого [11] (табл. 10).

Таблица 10. Сравнение результатов расчета дозовых коэффициентов внешнего облучения травянистого растения различными радионуклидами

Р/н	Наш расчет	RESRAD	Отношение расчета к RESRAD
Ag-110m	1,19E-02	1,30E-02	0,91
Ce-141	3,55E-04	3,12E-04	1,14
Co-60	1,12E-02	1,15E-02	0,97
Cs-137	2,71E-03	2,64E-03	1,03
I-131	1,80E-03	1,85E-03	0,97
K-40	6,86E-04		
Nb-95	3,50E-03	3,60E-03	0,97
Ru-103	2,27E-03	2,28E-03	0,99
Sb-124	7,22E-03	8,40E-03	0,86

Как видно из сравнения результатов расчета двумя программными продуктами совпадение почти полное и в целом вполне удовлетворительное.

В таблице 11 приведены результаты сравнения расчетов средневзвешенной величины дозового коэффициента внешнего облучения от γ -квантов различных радионуклидов с данными из публикации МКРЗ № 108 [5]. Хотя для сравнения выбраны животные с несколько разным средним весом (при увеличении веса значение средневзвешенного коэффициента уменьшается) результаты расчетов удовлетворительно совпадают (средний вес благородного оленя выше, чем у косули).

Таблица 11. Сравнение результатов расчета дозовых коэффициентов внешнего облучения косули (наш расчет) и благородного оленя (данные из публикации МКРЗ)

Р/н	Наш расчет	МКРЗ-108	Отношение расчета к МКРЗ-108
Ag-110m	7,10E-03	6,7E-03	1,06
Ce-141	1,56E-04	1,3E-04	1,20
Co-60	6,62E-03	6,2E-03	1,07
Cs-137	1,50E-03	1,40E-03	1,07
I-131	9,12E-04	8,9E-04	1,02
K-40	4,18E-04	3,9E-04	1,07
Nb-95	1,95E-03	1,9E-03	1,03
Ru-103	1,20E-03	1,1E-03	1,10
Sb-124	4,27E-03	4,5E-03	0,95

Для оценки результатов расчета для животного, обитающего в почве, был выбран дождевой червь, для которого аналогичные расчеты были выполнены с помощью программы RESRAD [11] (табл. 12).

Таблица 12. Сравнение результатов расчета дозовых коэффициентов внешнего облучения дождевого червя в наших расчетах с данными RESRAD

Р/н	DCF _{soil} , мкГр·кг·сут ⁻¹ ·Бк ⁻¹		Отношение расчета к RESRAD
	Наш расчет	RESRAD	
Ag-110m	2,86E-02	3,50E-02	0,82
Co-60	2,59E-02	3,10E-02	0,84
Sb-124	1,69E-02	2,30E-02	0,74
Nb-95	7,99E-03	9,90E-03	0,81
Cs-137	6,17E-03	7,30E-03	0,84
Ru-103	4,99E-03	5,90E-03	0,85
I-131	3,74E-03	4,60E-03	0,81
K-40	1,60E-03	1,90E-03	0,84
Ce-141	5,78E-04	6,50E-04	0,89
Pb-212	1,06E-03		
Tc-97m	2,13E-06		

В целом результаты сравнения можно признать удовлетворительными. Несколько меньшие значения дозовых коэффициентов в наших расчетах можно объяснить отсутствием учета β -излучения радионуклидов, которое при соприкосновении среды с поверхностью небольшого организма играет некоторую роль. В программе RESRAD был учтен вклад β -излучения радионуклидов в суммарную дозу внешнего облучения.

Оценка результатов нашего расчета дозовых коэффициентов для обитателей водной среды (окунь) проводилась с привлечением данных из публикации МКРЗ 108 (морская камбала) [5]; европейского программного продукта FASSET D3 (речной окунь) [5] и программы RESRAD (семга) [11]. Результаты сравнения представлены в таблице 13. Они показывают в целом удовлетворительное согласие. Некоторая разница может возникать из-за разного веса выбранного фантома рыбы.

Результаты выполненных в работе расчетов коэффициентов внешнего облучения от γ -квантов различной энергии показали хорошее совпадение с данными других программных продуктов, что позволяет рекомендовать разработанный и использованный программный модуль в расчетах по оценке радиационного воздействия на референтные виды биоты.

Таблица 13. Сравнение результатов расчета дозовых коэффициентов внешнего облучения для рыбы среднего размера

Р/н	Наш расчет	МКРЗ-108	FASSET D3	RESRAD	Отношение расчета к МКРЗ-108	Отношение расчета к FASSET D3	Отношение расчета к RESRAD
Ce-141	9,24E-04	9,5E-04		9,36E-04	0,97		0,99
Co-60		3,2E-02	3,36E-02	3,12E-02			
Cs-137		7,2E-03	7,20E-03	6,96E-03			
I-131	4,68E-03	4,8E-03	4,80E-03	4,80E-03	0,98	0,98	0,98
K-40	1,92E-03	2,3E-03	2,30E-03		0,83	0,83	
Nb-95	9,29E-03	9,7E-03	9,84E-03	9,60E-03	0,96	0,94	0,97
Ru-103	6,00E-03	5,9E-03		5,76E-03	1,02		1,04
Sb-124	2,01E-02	2,4E-02		2,30E-02	0,84		0,87

В дальнейшем предполагается обобщить полученные результаты, с тем, чтобы можно было производить оценки доз внешнего облучения для произвольных γ -источников и большого круга живых организмов.

Заключение

1. В работе выполнены на основе программы MCU, в которой реализован метод Монте-Карло расчета переноса ионизирующего излучения, расчеты значений дозовых коэффициентов внешнего облучения для различных характерных для РФ референтных видов биоты от радионуклидов, испускающих при распаде γ -кванты с энергиями от $\approx 0,1$ до ≈ 2 МэВ.
2. Рассмотрены сценарии облучения референтных видов при нахождении их в воздухе, воде, почве и на поверхности земли, т.е. охвачены все наиболее типичные места обитания живых организмов.
3. Результаты выполненных расчетов сравнивались с подобными расчетами, выполненными с использованием других, используемых в мире (США и Европе), программных продуктов. Итоги сравнения показали хорошее совпадение для всех сравниваемых излучателей и всех видов биоты.
4. Показано, что для крупных животных пространственное распределение доз внешнего облучения может играть заметную роль. Облучение отдельных органов у самых крупных представителей животного мира отличается более чем на 2 порядка величины и различие между облучением отдельного органа и средневзвешенного значения составляет примерно порядок величины.
5. По сравнению с другими аналогичными программными модулями дополнен список γ -излучающих нуклидов, а также расширен перечень референтных видов биоты.
6. Используемый в работе программный модуль может быть рекомендован для оценок радиационного воздействия на референтные виды биоты в различных приложениях.
7. Выполненные расчеты предполагается в дальнейшем использовать для разработки программного модуля, позволяющего экспертно оценить дозу внешнего облучения на произвольный вид биоты от источников γ -излучения в диапазоне энергий от 0,1 до 2 МэВ.

Литература

1. МКРЗ, 2004. Международная Комиссия по Радиологической защите. Публикация 91. Основные принципы оценки воздействия ионизирующих излучений на живые организмы, за исключением человека. Перевод с английского. – М.: Изд. «Комтехпринт», 2004. –76 с.
2. Оценка радиационно-экологического воздействия на объекты природной среды по данным мониторинга радиационной обстановки. Рекомендации Р 52.18.820-2015. Обнинск, 2015. 60 с.
3. Особые радиоактивные отходы. — Под общей редакцией И.И. Линге. — 2015 г. — 240 с.

4. ICRP 2008. Environmental Protection - the Concept and Use of Reference Animals and Plants. ICRP Publication 108. Ann. ICRP 38 (4-6).
5. FASSET Deliverable 3. Dosimetric models and data for assessing radiation exposure to biota. Framework for the Assessment of Environmental Impact, Contract N° FIGE-CT-2000-00102. Edited by Pröhl G., JSF. Swedish Radiation Protection Authority, June 2003. – P.103.
6. Larsson C.-M. An overview of the ERICA Integrated Approach to the assessment and management of environmental risks from ionising contaminants // J. Environ. Radioact., 2008. – Vol. 99. – P. 1361 - 1518.
7. Pentreath R.J. Concept and Use of Reference Animals and Plants. In: Protection of the Environment from Effects of Ionizing Radiation, IAEA-CN-109, IAEA, Vienna, 2005. P. 411-420.
8. М.И. Гуревич, М.А. Калугин, Д.С. Олейник, Д.А. Шкаровский Характерные особенности МСУ-FR // ВАИТ. Сер. Физика ядерных реакторов, 2016, вып. 5, с. 17–21.
9. Blomquist R., Amirshaw M., Hanlon D. et al. Source Convergence in Criticality Safety Analysis, Phase I: Results of Four Test Problems // OECD NEA. – 2006. – №. 5431.
10. ENDF/B-VII.1 nuclear data for science and technology: Cross sections, covariances, fission product yields and decay data / M. B. Chadwick [et al.] // Nuclear Data Sheets. – 2011. – Vol. 112(12). – P. 2887-2996.
11. RESRAD-BIOTA: A tool for implementing a graded approach to biota dose evaluation. ISCORS Technical Report 2004-02; DOE/EH-0676. National Technical Information Service, Springfield, VA. The Office of Health, Safety and Security [Электронный ресурс]: DOE/EH-0676. Режим доступа: <<http://homer.ornl.gov/sesa/environment/bdac/resrad.html>>.

Приложение

Таблица П 1. Дозовые коэффициенты для некоторых референтных видов (источник — воздух)

Референтные виды	DCF_{air} , мкГр·кг·час ⁻¹ ·Бк ⁻¹			
	Ag-41	Kr-87	Kr-85m	Xe-133
Муравей	1,26E-04	6,67E-05	8,13E-06	6,00E-06
Мышь	3,36E-04	1,76E-04	2,24E-05	6,67E-06
Уж	3,19E-04	2,32E-04	2,29E-05	6,89E-06
Ковыль Лессинга	3,51E-04	2,12E-04	3,45E-05	1,29E-05
Жаворонок	4,07E-04	3,05E-04	4,25E-05	1,07E-05
Ястреб	5,69E-04	3,12E-04	4,59E-05	1,49E-05

Таблица П 2. Дозовые коэффициенты для сурка, находящегося на поверхности почвы (источник — воздух)

Глубина, см	Р/н	DCF_{air} , мкГр·кг·час ⁻¹ ·Бк ⁻¹	Р/н	DCF_{air} , мкГр·кг·час ⁻¹ ·Бк ⁻¹
1	Ag-41	2,39E-04	Kr-87	1,51E-04
3		2,17E-04		1,45E-04
5		2,26E-04		1,18E-04
7		2,70E-04		1,55E-04
9		2,85E-04		1,76E-04
11		3,63E-04		1,86E-04
Средневзвешенное		2,95E-04		1,65E-04
0,5	Kr-85m	1,78E-05	Xe-133	4,97E-06
1,5		1,79E-05		4,99E-06
2,5		1,80E-05		5,11E-06
3,5		1,85E-05		5,13E-06
4,5		1,89E-05		5,24E-06
5,5		1,90E-05		5,63E-06
6,5		1,82E-05		5,65E-06
7,5		2,01E-05		5,95E-06

Продолжение таблицы П 2

Глубина, см	Р/н	DCF_{air} , мкГр·кг·час ⁻¹ ·Бк ⁻¹	Р/н	DCF_{air} , мкГр·кг·час ⁻¹ ·Бк ⁻¹
8,5		2,11E-05		6,12E-06
9,5		2,19E-05		6,47E-06
10,5		2,30E-05		7,07E-06
11,5		2,48E-05		7,52E-06
Средневзвешенное		2,12E-05		6,30E-06

Таблица П 3. Дозовые коэффициенты для косули, находящейся на поверхности почвы (источник — воздух)

Глубина, см	Р/н	DCF_{air} , мкГр·кг·час ⁻¹ ·Бк ⁻¹	Р/н	DCF_{air} , мкГр·кг·час ⁻¹ ·Бк ⁻¹
1,5	Ar-41	2,12E-04	Kr-87	1,19E-04
4,5		2,07E-04		1,20E-04
7,5		1,94E-04		1,25E-04
10,5		1,93E-04		1,22E-04
13		2,22E-04		1,29E-04
15		2,53E-04		1,18E-04
17,5		2,31E-04		1,22E-04
20,5		2,59E-04		1,47E-04
23,5		2,77E-04		1,62E-04
26,5		3,22E-04		1,94E-04
Средневзвешенное		2,59E-04		1,49E-04
0,5	Kr-85m	1,46E-05	Xe-133	4,08E-06
1,5		1,38E-05		3,79E-06
2,5		1,34E-05		3,49E-06
3,5		1,31E-05		3,28E-06
4,5		1,29E-05		3,13E-06
5,5		1,26E-05		3,04E-06
6,5		1,21E-05		2,97E-06
7,5		1,21E-05		2,92E-06
8,5		1,22E-05		2,85E-06
9,5		1,20E-05		2,85E-06
10,5		1,20E-05		2,89E-06
11,5		1,17E-05		2,83E-06
12,5		1,19E-05		2,86E-06
13,5		1,22E-05		3,11E-06
14,5		1,26E-05		3,11E-06
15,5		1,31E-05		3,09E-06
16,5		1,37E-05		3,28E-06
17,5		1,37E-05		3,49E-06
18,5		1,42E-05		3,72E-06
19,5		1,46E-05		3,94E-06
20,5		1,55E-05		4,14E-06
21,5		1,63E-05		4,41E-06
22,5		1,69E-05		4,74E-06
23,5	1,79E-05	5,06E-06		
24,5	1,91E-05	5,55E-06		
25,5	2,05E-05	6,03E-06		
26,5	2,18E-05	6,56E-06		
27,5	2,34E-05	7,19E-06		
Средневзвешенное	1,61E-05	4,39E-06		

Таблица П 4. Дозовые коэффициенты для лосося, находящегося на поверхности почвы (источник — воздух)

Глубина, см	Р/н	DCF_{air} , мкГр·кг·час ⁻¹ ·Бк ⁻¹	Р/н	DCF_{air} , мкГр·кг·час ⁻¹ ·Бк ⁻¹
1	Ar-41	1,67E-04	Kr-87	9,85E-05
3		1,44E-04		8,57E-05
5		1,34E-04		8,30E-05
7		1,27E-04		7,72E-05
9		1,21E-04		6,95E-05
11		1,18E-04		6,84E-05
13		1,11E-04		6,63E-05
15		1,02E-04		6,47E-05
17		1,07E-04		6,71E-05
19		1,08E-04		6,06E-05
21		1,08E-04		5,58E-05
23		1,00E-04		5,86E-05
25		1,09E-04		5,97E-05
27		1,15E-04		6,18E-05
29		1,17E-04		5,67E-05
31		1,13E-04		6,22E-05
33		1,19E-04		6,43E-05
35		1,28E-04		6,53E-05
37		1,26E-04		7,15E-05
39		1,28E-04		7,34E-05
41	1,34E-04	8,12E-05		
43	1,45E-04	8,56E-05		
45	1,55E-04	8,86E-05		
47	1,68E-04	9,52E-05		
49	1,81E-04	9,81E-05		
51	1,98E-04	1,06E-04		
53	2,15E-04	1,17E-04		
55	2,31E-04	1,29E-04		
57	2,57E-04	1,42E-04		
59	2,90E-04	1,62E-04		
Средневзвешенное		1,65E-04		9,21E-05
1	Kr-85m	1,20E-05	Xe-133	3,42E-06
3		9,92E-06		2,60E-06
5		8,44E-06		2,10E-06
7		7,50E-06		1,74E-06
9		6,57E-06		1,47E-06
11		5,87E-06		1,26E-06
13		5,43E-06		1,10E-06
15		5,08E-06		9,82E-07
17		4,72E-06		8,92E-07
19		4,60E-06		8,34E-07
21	4,38E-06	7,88E-07		
23	4,20E-06	7,62E-07		
25		3,94E-06		7,50E-07
27		3,67E-06		7,40E-07
29		3,92E-06		7,78E-07
31		4,46E-06		8,03E-07
33		4,54E-06		8,31E-07
35		4,75E-06		8,62E-07
37		5,14E-06		9,46E-07
39		5,67E-06		1,05E-06
41	6,06E-06	1,17E-06		

Продолжение таблицы П 4

Глубина, см	Р/н	DCF_{air} , мкГр·кг·час ⁻¹ ·Бк ⁻¹	Р/н	DCF_{air} , мкГр·кг·час ⁻¹ ·Бк ⁻¹
43		6,63E-06		1,37E-06
45		7,50E-06		1,58E-06
47		8,60E-06		1,89E-06
49		9,97E-06		2,26E-06
51		1,15E-05		2,75E-06
53		1,32E-05		3,37E-06
55		1,54E-05		4,19E-06
57		1,81E-05		5,24E-06
59		2,18E-05		6,64E-06
Средневзвешенное		9,11E-06		2,23E-06

Таблица П 5. Дозовые коэффициенты для слона, находящегося на поверхности почвы (источник — воздух)

Глубина, см	Р/н	DCF_{air} , мкГр·кг·час ⁻¹ ·Бк ⁻¹	Р/н	DCF_{air} , мкГр·кг·час ⁻¹ ·Бк ⁻¹
2,5		1,23E-04		6,81E-05
7,5		8,56E-05		4,85E-05
12,5		6,56E-05		3,52E-05
17,5		5,18E-05		3,04E-05
22,5		4,28E-05		2,56E-05
27,5		3,76E-05		1,88E-05
32,5		3,26E-05		1,75E-05
37,5		3,00E-05		1,72E-05
42,5		2,60E-05		1,60E-05
47,5		2,48E-05		1,51E-05
52,5		2,49E-05		1,27E-05
57,5		2,78E-05		1,63E-05
62,5		3,37E-05		1,65E-05
67,5	Ar-41	3,70E-05	Kr-87	1,48E-05
72,5		3,08E-05		1,74E-05
77,5		3,38E-05		1,87E-05
82,5		3,79E-05		2,19E-05
87,5		4,29E-05		2,48E-05
92,5		5,43E-05		2,92E-05
97,5		6,55E-05		3,41E-05
102,5		7,84E-05		4,13E-05
107,5		9,76E-05		4,96E-05
112,5		1,20E-04		6,09E-05
117,5		1,55E-04		7,78E-05
122,5		2,06E-04		1,05E-04
127,5		2,81E-04		1,46E-04
Средневзвешенное		9,02E-05		4,69E-05
2,5		1,08E-05		2,58E-06
7,5	Kr-85m	6,19E-06	Xe-133	1,28E-06
12,5		3,79E-06		6,99E-07
17,5		2,43E-06		4,15E-07
22,5		1,79E-06		2,79E-07
27,5		1,36E-06		2,10E-07
32,5		1,07E-06		1,77E-07
37,5		9,09E-07		1,62E-07
42,5		8,52E-07		1,54E-07
47,5		7,96E-07		1,53E-07
52,5		8,27E-07		1,54E-07
57,5		7,90E-07		1,47E-07

Продолжение таблицы П 5

Глубина, см	Р/н	DCF_{air} , мкг·р·кг·час ⁻¹ ·Бк ⁻¹	Р/н	DCF_{air} , мкг·р·кг·час ⁻¹ ·Бк ⁻¹
62,5		7,01E-07		1,45E-07
67,5		6,14E-07		1,53E-07
72,5		7,89E-07		1,50E-07
77,5		9,20E-07		1,56E-07
82,5		9,81E-07		1,61E-07
87,5		1,03E-06		1,70E-07
92,5		1,31E-06		1,90E-07
97,5		1,67E-06		2,35E-07
102,5		2,17E-06		3,21E-07
107,5		3,24E-06		4,98E-07
112,5		5,15E-06		8,44E-07
117,5		8,08E-06		1,53E-06
122,5		1,30E-05		2,86E-06
127,5		2,18E-05		5,46E-06
Средневзвешенное		4,54E-06		9,59E-07

Таблица П 6. Дозовые коэффициенты для малька (источник — вода)

Р/н	DCF_{water} , мкг·р·кг·час ⁻¹ ·Бк ⁻¹
Sb-124	9,43E-04
Nb-95	4,41E-04
Ru-103	2,90E-04
I-131	2,28E-04
K-40	8,97E-05
Ce-141	4,53E-05

Таблица П 7. Дозовые коэффициенты для окуня (источник — вода)

Р/н	Глубина, см	DCF_{water} , мкг·р·кг·час ⁻¹ ·Бк ⁻¹
Sb-124	0,5	8,51E-04
	1,5	8,43E-04
	2,25	8,35E-04
	3	8,35E-04
	Средневзвеш.	8,37E-04
Nb-95	0,5	3,98E-04
	1,5	3,92E-04
	2,25	3,85E-04
	3	3,85E-04
	Средневзвеш.	3,87E-04
Ru-103	0,5	2,55E-04
	1,5	2,52E-04
	2,25	2,49E-04
	3	2,49E-04
	Средневзвеш.	2,50E-04
I-131	0,5	2,00E-04
	1,5	1,97E-04
	2,25	1,94E-04
	3	1,94E-04
	Средневзвеш.	1,95E-04
K-40	0,5	8,09E-05
	1,5	8,04E-05
	2,25	7,99E-05
	3	7,98E-05
	Средневзвеш.	8,00E-05
Ce-141	0,5	3,94E-05

Продолжение таблицы П 7

Р/н	Глубина, см	DCF_{waters} , мкГр·кг·час ⁻¹ ·Бк ⁻¹
	1,5	3,88E-05
	2,25	3,84E-05
	3	3,83E-05
	Средневзвеш.	3,85E-05

Таблица П 8. Дозовые коэффициенты для шуки (источник — вода)

Р/н	Глубина, см	DCF_{waters} , мкГр·кг·час ⁻¹ ·Бк ⁻¹
Sb-124	0,5	8,46E-04
	1,5	8,26E-04
	2,5	8,12E-04
	3,5	8,13E-04
	Средневзвеш	8,15E-04
Nb-95	0,5	3,94E-04
	1,5	3,83E-04
	2,5	3,78E-04
	3,5	3,79E-04
	Средневзвеш	3,80E-04
Ru-103	0,5	2,53E-04
	1,5	2,45E-04
	2,5	2,40E-04
	3,5	2,37E-04
	Средневзвеш	2,40E-04
I-131	0,5	1,96E-04
	1,5	1,90E-04
	2,5	1,87E-04
	3,5	1,86E-04
	Средневзвеш	1,87E-04
K-40	0,5	8,05E-05
	1,5	7,85E-05
	2,5	7,78E-05
	3,5	7,78E-05
	Средневзвеш	7,80E-05
Ce-141	0,5	3,86E-05
	1,5	3,74E-05
	2,5	3,68E-05
	3,5	3,65E-05
	Средневзвеш	3,68E-05

Таблица П 9. Дозовые коэффициенты для синего кита (источник — вода)

Глубина, см	Р/н	DCF_{waters} , мкГр·кг·час ⁻¹ ·Бк ⁻¹	Р/н	DCF_{waters} , мкГр·кг·час ⁻¹ ·Бк ⁻¹
2,5	Sb-124	3,86E-04	Nb-95	1,76E-04
7,5		2,63E-04		1,15E-04
12,5		1,89E-04		7,94E-05
17,5		1,39E-04		5,59E-05
22,5		1,04E-04		3,98E-05
27,5		7,83E-05		2,85E-05
32,5		5,98E-05		2,07E-05
37,5		4,61E-05		1,51E-05
42,5		3,60E-05		1,12E-05
47,5		2,84E-05		8,40E-06
52,5		2,27E-05		6,44E-06

Продолжение таблицы П 9

Глубина, см	Р/н	DCF_{water} , мкГр·кг·час ⁻¹ ·Бк ⁻¹	Р/н	DCF_{water} , мкГр·кг·час ⁻¹ ·Бк ⁻¹
57,5		1,85E-05		5,05E-06
62,5		1,52E-05		4,05E-06
67,5		1,27E-05		3,35E-06
72,5		1,08E-05		2,85E-06
77,5		9,33E-06		2,50E-06
82,5		8,21E-06		2,24E-06
87,5		7,32E-06		2,07E-06
92,5		6,66E-06		1,94E-06
97,5		6,12E-06		1,85E-06
102,5		5,71E-06		1,78E-06
107,5		5,38E-06		1,73E-06
112,5		5,11E-06		1,70E-06
117,5		4,93E-06		1,67E-06
122,5		4,77E-06		1,66E-06
127,5		4,66E-06		1,65E-06
132,5		4,57E-06		1,64E-06
137,5		4,51E-06		1,63E-06
142,5		4,44E-06		1,63E-06
150		4,45E-06		1,62E-06
Средневзвеш.		1,32E-05		4,50E-06
2,5		1,11E-04		8,55E-05
7,5		7,00E-05		5,28E-05
12,5		4,64E-05		3,41E-05
17,5		3,13E-05		2,24E-05
22,5		2,13E-05		1,49E-05
27,5		1,46E-05		9,93E-06
32,5		1,01E-05		6,72E-06
37,5		7,09E-06		4,62E-06
42,5		5,07E-06		3,25E-06
47,5		3,71E-06		2,36E-06
52,5	Ru-103	2,79E-06	I-131	1,78E-06
57,5		2,18E-06		1,40E-06
62,5		1,77E-06		1,16E-06
67,5		1,49E-06		9,95E-07
72,5		1,31E-06		8,90E-07
77,5		1,18E-06		8,19E-07
82,5		1,10E-06		7,74E-07
87,5		1,05E-06		7,45E-07
92,5		1,01E-06		7,29E-07
97,5		9,85E-07		7,15E-07
102,5		9,65E-07		7,06E-07
107,5		9,56E-07		7,00E-07
112,5		9,49E-07		6,96E-07
117,5		9,44E-07		6,93E-07
122,5		9,43E-07		6,93E-07
127,5		9,40E-07		6,91E-07
132,5		9,43E-07		6,93E-07
137,5		9,37E-07		6,86E-07
142,5		9,41E-07		6,84E-07
150		9,31E-07		6,82E-07
Средневзвеш.		2,35E-06		1,65E-06
2,5	K-40	3,73E-05	Ce-141	1,62E-05
7,5		2,60E-05		9,04E-06

Продолжение таблицы П 9

Глубина, см	Р/н	DCF_{water} , мкГр·кг·час ⁻¹ ·Бк ⁻¹	Р/н	DCF_{water} , мкГр·кг·час ⁻¹ ·Бк ⁻¹
12,5		1,91E-05		5,18E-06
17,5		1,44E-05		2,98E-06
22,5		1,09E-05		1,72E-06
27,5		8,39E-06		1,01E-06
32,5		6,50E-06		6,09E-07
37,5		5,07E-06		3,85E-07
42,5		3,99E-06		2,60E-07
47,5		3,17E-06		1,92E-07
52,5		2,54E-06		1,54E-07
57,5		2,06E-06		1,34E-07
62,5		1,68E-06		1,23E-07
67,5		1,40E-06		1,17E-07
72,5		1,18E-06		1,14E-07
77,5		1,01E-06		1,12E-07
82,5		8,77E-07		1,11E-07
87,5		7,75E-07		1,11E-07
92,5		6,96E-07		1,10E-07
97,5		6,35E-07		1,11E-07
102,5		5,86E-07		1,10E-07
107,5		5,49E-07		1,10E-07
112,5		5,21E-07		1,10E-07
117,5		5,00E-07		1,09E-07
122,5		4,84E-07		1,10E-07
127,5		4,72E-07		1,10E-07
132,5		4,62E-07		1,11E-07
137,5		4,53E-07		1,10E-07
142,5		4,49E-07		1,10E-07
150		4,46E-07		1,10E-07
Средневзвеш.		1,40E-06		2,18E-07

Таблица П 10. Дозовые коэффициенты для утки (источник — вода)

Глубина, см	Р/н	DCF_{water} , мкГр·кг·час ⁻¹ ·Бк ⁻¹	Р/н	DCF_{water} , мкГр·кг·час ⁻¹ ·Бк ⁻¹
0,25		3,87E-04		1,81E-04
0,75		3,86E-04		1,80E-04
1,25		3,74E-04		1,75E-04
1,75		3,65E-04		1,71E-04
2,25		3,65E-04		1,65E-04
2,75		3,61E-04		1,62E-04
3,25		3,53E-04		1,61E-04
3,75		3,52E-04		1,62E-04
4,25	Sb-124	3,38E-04	Nb-95	1,58E-04
4,75		3,33E-04		1,56E-04
5,25		3,35E-04		1,51E-04
5,75		3,28E-04		1,51E-04
6,25		3,31E-04		1,52E-04
6,75		3,33E-04		1,50E-04
7,25		3,35E-04		1,49E-04
7,75		3,30E-04		1,50E-04
Средневзвеш.		3,39E-04		1,55E-04
0,25	Ru-103	1,16E-04	I-131	9,10E-05

Продолжение таблицы П 10

Глубина, см	Р/н	DCF_{waters} , мкГр·кг·час ⁻¹ ·Бк ⁻¹	Р/н	DCF_{waters} , мкГр·кг·час ⁻¹ ·Бк ⁻¹
0,75		1,14E-04		9,02E-05
1,25		1,11E-04		8,69E-05
1,75		1,07E-04		8,55E-05
2,25		1,05E-04		8,25E-05
2,75		1,05E-04		7,88E-05
3,25		1,00E-04		7,73E-05
3,75		1,02E-04		7,54E-05
4,25		1,01E-04		7,68E-05
4,75		9,90E-05		7,74E-05
5,25		9,80E-05		7,79E-05
5,75		9,64E-05		7,67E-05
6,25		9,52E-05		7,57E-05
6,75		9,55E-05		7,48E-05
7,25		9,56E-05		7,29E-05
7,75		9,52E-05		7,24E-05
Средневзвеш.		9,84E-05		7,63E-05
0,25		3,66E-05		1,77E-05
0,75		3,64E-05		1,76E-05
1,25		3,56E-05		1,68E-05
1,75		3,51E-05		1,62E-05
2,25		3,49E-05		1,62E-05
2,75		3,44E-05		1,61E-05
3,25		3,46E-05		1,53E-05
3,75		3,44E-05		1,52E-05
4,25		3,32E-05		1,51E-05
4,75		3,34E-05		1,48E-05
5,25		3,27E-05		1,46E-05
5,75		3,18E-05		1,44E-05
6,25		3,23E-05		1,40E-05
6,75		3,26E-05		1,38E-05
7,25		3,24E-05		1,41E-05
7,75		3,22E-05		1,38E-05
Средневзвеш.		3,30E-05		1,46E-05
	К-40		Ce-141	

Таблица П 11. Дозовые коэффициенты для муравья (источник — почва)

Р/н	DCF_{soil} , мкГр·кг·час ⁻¹ ·Бк ⁻¹		$DCF_{in\ soil}/DCF_{on\ soil}$
	В почве	На поверхности	
Ag-110m	1,37E-03	4,97E-04	2,76
Co-60	1,25E-03	4,55E-04	2,75
Sb-124	8,09E-04	2,94E-04	2,75
Nb-95	3,90E-04	1,38E-04	2,83
Cs-137	3,01E-04	1,07E-04	2,81
Ru-103	2,43E-04	8,55E-05	2,84
I-131	1,82E-04	6,27E-05	2,90
К-40	7,69E-05	2,83E-05	2,72
Pb-212	5,13E-05	1,76E-05	2,91
Ce-141	2,79E-05	9,47E-06	2,95
Tc-97m	1,00E-07	3,45E-08	2,90

Таблица П 12. Дозовые коэффициенты для червя (источник — почва)

Р/н	DCF_{soil} , мкГр·кг·час ⁻¹ ·Бк ⁻¹
Ag-110m	1,19E-03
Co-60	1,08E-03
Sb-124	7,05E-04
Nb-95	3,33E-04
Cs-137	2,57E-04
Ru-103	2,08E-04
I-131	1,56E-04
K-40	6,66E-05
Pb-212	4,43E-05
Ce-141	2,41E-05
Tc-97m	8,87E-08

Таблица П 13. Дозовые коэффициенты для мыши (источник — почва)

Р/н	DCF_{soil} , мкГр·кг·час ⁻¹ ·Бк ⁻¹		$DCF_{in\ soil}/DCF_{on\ soil}$
	В почве	На поверхности	
Ag-110m	1,33E-03	4,71E-04	2,82
Co-60	1,21E-03	4,26E-04	2,84
Sb-124	7,85E-04	2,80E-04	2,80
Nb-95	3,75E-04	1,31E-04	2,86
Cs-137	2,92E-04	1,01E-04	2,90
Ru-103	2,34E-04	7,96E-05	2,94
I-131	1,77E-04	5,99E-05	2,95
K-40	7,53E-05	2,70E-05	2,79
Pb-212	5,05E-05	1,67E-05	3,03
Ce-141	2,72E-05	8,92E-06	3,06
Tc-97m	9,76E-08	3,40E-08	2,87

Таблица П 14. Дозовые коэффициенты для ужа (источник — почва)

Р/н	DCF_{soil} , мкГр·кг·час ⁻¹ ·Бк ⁻¹		$DCF_{in\ soil}/DCF_{on\ soil}$
	В почве	На поверхности	
Ag-110m	1,31E-03	4,68E-04	2,80
Co-60	1,18E-03	4,29E-04	2,76
Sb-124	7,68E-04	2,81E-04	2,74
Nb-95	3,66E-04	1,31E-04	2,80
Cs-137	2,85E-04	1,00E-04	2,84
Ru-103	2,32E-04	8,04E-05	2,89
I-131	1,75E-04	6,00E-05	2,91
K-40	7,33E-05	2,68E-05	2,74
Pb-212	5,02E-05	1,67E-05	3,01
Ce-141	2,68E-05	9,04E-06	2,96
Tc-97m	9,77E-08	3,40E-08	2,87

Таблица П 15. Дозовые коэффициенты для сурка, находящегося в почве (источник — почва)

Глубина, см	Р/н	DCF_{soil} , мкГр·кг·час ⁻¹ ·Бк ⁻¹	Р/н	DCF_{soil} , мкГр·кг·час ⁻¹ ·Бк ⁻¹
0,25	Ag-110m	1,32E-03	Co-60	1,22E-03
0,75		1,32E-03		1,22E-03
1,25		1,30E-03		1,20E-03
1,75		1,28E-03		1,18E-03
2,25		1,27E-03		1,17E-03
2,75		1,26E-03		1,16E-03
3,25		1,25E-03		1,15E-03
3,75		1,24E-03		1,15E-03

Продолжение таблицы П 15

Глубина, см	Р/н	DCF_{soil} , мкг·р·кг·час ⁻¹ ·Бк ⁻¹	Р/н	DCF_{soil} , мкг·р·кг·час ⁻¹ ·Бк ⁻¹
4,25		1,24E-03		1,14E-03
4,75		1,23E-03		1,14E-03
5,25		1,23E-03		1,14E-03
6		1,23E-03		1,14E-03
Средневзвеш.		1,24E-03		1,15E-03
0,25	Sb-124	7,86E-04	Nb-95	3,68E-04
0,75		7,86E-04		3,67E-04
1,25		7,74E-04		3,61E-04
1,75		7,64E-04		3,57E-04
2,25		7,56E-04		3,53E-04
2,75		7,50E-04		3,49E-04
3,25		7,45E-04		3,47E-04
3,75		7,41E-04		3,45E-04
4,25		7,38E-04		3,44E-04
4,75		7,36E-04		3,42E-04
5,25		7,34E-04		3,42E-04
6		7,34E-04		3,41E-04
Средневзвеш.		7,42E-04		3,45E-04
0,25		Cs-137		2,85E-04
0,75	2,84E-04		2,28E-04	
1,25	2,79E-04		2,24E-04	
1,75	2,76E-04		2,21E-04	
2,25	2,73E-04		2,18E-04	
2,75	2,70E-04		2,16E-04	
3,25	2,68E-04		2,15E-04	
3,75	2,66E-04		2,14E-04	
4,25	2,65E-04		2,13E-04	
4,75	2,64E-04		2,12E-04	
5,25	2,63E-04		2,12E-04	
6	2,63E-04	2,11E-04		
Средневзвеш.	2,66E-04	2,14E-04		
0,25	I-131	1,70E-04	K-40	7,61E-05
0,75		1,70E-04		7,61E-05
1,25		1,67E-04		7,49E-05
1,75		1,65E-04		7,40E-05
2,25		1,63E-04		7,32E-05
2,75		1,62E-04		7,26E-05
3,25		1,61E-04		7,21E-05
3,75		1,60E-04		7,18E-05
4,25		1,59E-04		7,15E-05
4,75		1,58E-04		7,12E-05
5,25		1,58E-04		7,10E-05
6		1,58E-04		7,10E-05
Средневзвеш.		1,60E-04		7,18E-05
0,25	Pb-212	4,78E-05	Ce-141	2,51E-05
0,75		4,78E-05		2,52E-05
1,25		4,71E-05		2,49E-05
1,75		4,65E-05		2,46E-05
2,25		4,60E-05		2,44E-05
2,75		4,57E-05		2,42E-05
3,25		4,53E-05		2,41E-05
3,75		4,51E-05		2,40E-05
4,25		4,49E-05		2,39E-05
4,75		4,48E-05		2,38E-05

Продолжение таблицы П 15

Глубина, см	Р/н	DCF_{soil} , мкГр·кг·час ⁻¹ ·Бк ⁻¹	Р/н	DCF_{soil} , мкГр·кг·час ⁻¹ ·Бк ⁻¹
5,25		4,47E-05		2,38E-05
6		4,46E-05		2,37E-05
Средневзвеш.		4,51E-05		2,40E-05
0,25	Тс-97m	8,81E-08		
0,75		8,88E-08		
1,25		8,78E-08		
1,75		8,70E-08		
2,25		8,63E-08		
2,75		8,56E-08		
3,25		8,51E-08		
3,75		8,46E-08		
4,25		8,43E-08		
4,75		8,41E-08		
5,25		8,39E-08		
6		8,39E-08		
Средневзвеш.		8,47E-08		

Таблица П 16. Дозовые коэффициенты для сурка, находящегося на поверхности почвы (источник — почва)

Глубина, см	Р/н	DCF_{soil} , мкГр·кг·час ⁻¹ ·Бк ⁻¹	Р/н	DCF_{soil} , мкГр·кг·час ⁻¹ ·Бк ⁻¹
0,25	Ag-110m	5,09E-04	Co-60	4,45E-04
0,75		5,01E-04		4,40E-04
1,25		4,87E-04		4,31E-04
1,75		4,76E-04		4,19E-04
2,25		4,64E-04		4,10E-04
2,75		4,55E-04		4,06E-04
3,25		4,46E-04		3,95E-04
3,75		4,46E-04		3,94E-04
4,25		4,31E-04		3,84E-04
4,75		4,17E-04		3,79E-04
5,25		4,14E-04		3,78E-04
5,75		4,19E-04		3,70E-04
6,25		4,07E-04		3,58E-04
6,75		4,18E-04		3,65E-04
7,25		4,01E-04		3,67E-04
7,75		3,99E-04		3,68E-04
8,25		3,98E-04		3,69E-04
8,75		4,03E-04		3,65E-04
9,25		4,01E-04		3,65E-04
9,75		3,99E-04		3,62E-04
10,25		3,98E-04		3,65E-04
10,75	4,04E-04	3,63E-04		
11,25	4,10E-04	3,69E-04		
11,75	4,01E-04	3,65E-04		
Средневзвеш.	4,11E-04	3,71E-04		
0,25	Sb-124	2,89E-04	Nb-95	1,39E-04
0,75		2,86E-04		1,38E-04
1,25		2,79E-04		1,34E-04
1,75		2,74E-04		1,30E-04
2,25		2,67E-04		1,27E-04
2,75		2,65E-04		1,25E-04
3,25		2,61E-04		1,23E-04

Продолжение таблицы П 16

Глубина, см	Р/н	DCF_{soil} , мкГр·кг·час ⁻¹ ·Бк ⁻¹	Р/н	DCF_{soil} , мкГр·кг·час ⁻¹ ·Бк ⁻¹
5,75		5,50E-05		2,33E-05
6,25		5,34E-05		2,32E-05
6,75		5,26E-05		2,32E-05
7,25		5,24E-05		2,31E-05
7,75		5,24E-05		2,29E-05
8,25		5,21E-05		2,29E-05
8,75		5,13E-05		2,30E-05
9,25		5,14E-05		2,29E-05
9,75		5,08E-05		2,27E-05
10,25		5,11E-05		2,28E-05
10,75		5,17E-05		2,30E-05
11,25		5,20E-05		2,30E-05
11,75		5,16E-05		2,29E-05
Средневзвеш.		5,34E-05		2,33E-05
0,25		2,04E-05		1,20E-05
0,75		2,02E-05		1,18E-05
1,25		1,97E-05		1,17E-05
1,75		1,92E-05		1,14E-05
2,25		1,88E-05		1,11E-05
2,75		1,83E-05		1,09E-05
3,25		1,80E-05		1,06E-05
3,75		1,76E-05		1,05E-05
4,25	Pb-212	1,74E-05	Ce-141	1,02E-05
4,75		1,70E-05		1,01E-05
5,25		1,66E-05		1,02E-05
5,75		1,66E-05		1,01E-05
6,25		1,63E-05		9,71E-06
6,75		1,60E-05		9,56E-06
7,25		1,59E-05		9,37E-06
7,75		1,58E-05		9,39E-06
8,25		1,56E-05		9,31E-06
8,75		1,55E-05		9,08E-06
9,25		1,54E-05		8,96E-06
9,75		1,53E-05		8,94E-06
10,25		1,51E-05		8,93E-06
10,75		1,52E-05		8,93E-06
11,25		1,52E-05		8,83E-06
11,75		1,50E-05		8,67E-06
Средневзвеш.		1,59E-05		9,41E-06
0,25		4,81E-08		
0,75		4,84E-08		
1,25		4,67E-08		
1,75		4,54E-08		
2,25		4,47E-08		
2,75		4,38E-08		
3,25		4,32E-08		
3,75	Tc-97m	4,28E-08		
4,25		4,17E-08		
4,75		4,10E-08		
5,25		3,96E-08		
5,75		4,04E-08		
6,25		3,95E-08		
6,75		3,87E-08		
7,25		3,74E-08		

Продолжение таблицы П 16

Глубина, см	Р/н	DCF_{soil} , мкг·р·кг·час ⁻¹ ·Бк ⁻¹	Р/н	DCF_{soil} , мкг·р·кг·час ⁻¹ ·Бк ⁻¹
7,75		3,71E-08		
8,25		3,70E-08		
8,75		3,66E-08		
9,25		3,65E-08		
9,75		3,60E-08		
10,25		3,54E-08		
10,75		3,58E-08		
11,25		3,56E-08		
11,75		3,50E-08		
Средневзвеш.		3,78E-08		

Таблица П 17. Дозовые коэффициенты для кобальта, находящейся на поверхности почвы (источник — почва)

Глубина, см	Р/н	DCF_{soil} , мкг·р·кг·час ⁻¹ ·Бк ⁻¹	Р/н	DCF_{soil} , мкг·р·кг·час ⁻¹ ·Бк ⁻¹
0,5	Ag-110m	4,66E-04	Co-60	4,17E-04
1,5		4,42E-04		3,96E-04
2,5		4,18E-04		3,78E-04
3,5		3,99E-04		3,64E-04
4,5		3,85E-04		3,49E-04
5,5		3,70E-04		3,36E-04
6,5		3,56E-04		3,28E-04
7,5		3,44E-04		3,18E-04
8,5		3,33E-04		3,09E-04
9,5		3,25E-04		3,02E-04
10,5		3,20E-04		2,95E-04
11,5		3,13E-04		2,91E-04
12,5		3,05E-04		2,87E-04
13,5		3,03E-04		2,82E-04
14,5	2,98E-04	2,72E-04		
15,5		2,93E-04		2,69E-04
16,5		2,86E-04		2,68E-04
17,5		2,85E-04		2,66E-04
18,5		2,80E-04		2,62E-04
19,5		2,78E-04		2,59E-04
20,5		2,78E-04		2,60E-04
21,5		2,77E-04		2,61E-04
22,5		2,75E-04		2,60E-04
23,5		2,79E-04		2,61E-04
24,5		2,83E-04		2,64E-04
25,5		2,86E-04		2,67E-04
26,5	2,91E-04	2,74E-04		
27,5	3,00E-04	2,79E-04		
Средневзвеш.	2,96E-04	2,76E-04		
0,5	Sb-124	2,74E-04	Nb-95	1,31E-04
1,5		2,60E-04		1,24E-04
2,5		2,47E-04		1,17E-04
3,5		2,37E-04		1,12E-04
4,5		2,27E-04		1,07E-04
5,5		2,19E-04		1,03E-04
6,5		2,13E-04		9,92E-05
7,5		2,06E-04		9,57E-05
8,5		2,01E-04		9,30E-05
9,5		1,96E-04		9,00E-05

Продолжение таблицы П 17

Глубина, см	Р/н	DCF_{soil} , мкГр·кг·час ⁻¹ ·Бк ⁻¹	Р/н	DCF_{soil} , мкГр·кг·час ⁻¹ ·Бк ⁻¹
10,5		1,92E-04		8,78E-05
11,5		1,88E-04		8,59E-05
12,5		1,84E-04		8,39E-05
13,5		1,80E-04		8,28E-05
14,5		1,77E-04		8,06E-05
15,5		1,74E-04		7,99E-05
16,5		1,72E-04		7,83E-05
17,5		1,71E-04		7,77E-05
18,5		1,69E-04		7,68E-05
19,5		1,68E-04		7,63E-05
20,5		1,67E-04		7,59E-05
21,5		1,67E-04		7,60E-05
22,5		1,67E-04		7,62E-05
23,5		1,69E-04		7,63E-05
24,5		1,70E-04		7,70E-05
25,5		1,73E-04		7,79E-05
26,5		1,76E-04		7,98E-05
27,5		1,81E-04		8,25E-05
Средневзвеш.		1,78E-04		8,13E-05
0,5		1,02E-04		8,44E-05
1,5		9,67E-05		7,94E-05
2,5		9,14E-05		7,48E-05
3,5		8,68E-05		7,11E-05
4,5		8,30E-05		6,78E-05
5,5	Cs-137	7,98E-05	Ru-103	6,51E-05
6,5		7,70E-05		6,25E-05
7,5		7,46E-05		6,01E-05
8,5		7,22E-05		5,81E-05
9,5		6,98E-05		5,63E-05
10,5		6,79E-05		5,49E-05
11,5		6,58E-05		5,33E-05
12,5		6,44E-05		5,20E-05
13,5		6,36E-05		5,09E-05
14,5		6,15E-05		5,03E-05
15,5		6,10E-05		4,92E-05
16,5		6,06E-05		4,83E-05
17,5		5,95E-05		4,75E-05
18,5		5,87E-05		4,69E-05
19,5		5,83E-05		4,66E-05
20,5		5,80E-05		4,64E-05
21,5		5,80E-05		4,65E-05
22,5		5,83E-05		4,65E-05
23,5		5,86E-05		4,67E-05
24,5		5,91E-05		4,72E-05
25,5		5,99E-05		4,80E-05
26,5		6,15E-05		4,92E-05
27,5		6,36E-05		5,09E-05
Средневзвеш.		6,25E-05		5,02E-05
0,5		6,46E-05		2,58E-05
1,5		6,08E-05		2,46E-05
2,5		5,72E-05		2,34E-05
3,5	I-131	5,42E-05	K-40	2,25E-05
4,5		5,17E-05		2,17E-05
5,5		4,93E-05		2,10E-05

Продолжение таблицы П 17

Глубина, см	Р/н	DCF_{soil} , мкГр·кг·час ⁻¹ ·Бк ⁻¹	Р/н	DCF_{soil} , мкГр·кг·час ⁻¹ ·Бк ⁻¹
6,5		4,74E-05		2,05E-05
7,5		4,58E-05		1,99E-05
8,5		4,42E-05		1,94E-05
9,5		4,29E-05		1,89E-05
10,5		4,18E-05		1,85E-05
11,5		4,06E-05		1,82E-05
12,5		3,97E-05		1,80E-05
13,5		3,90E-05		1,79E-05
14,5		3,82E-05		1,74E-05
15,5		3,76E-05		1,72E-05
16,5		3,68E-05		1,69E-05
17,5		3,62E-05		1,68E-05
18,5		3,56E-05		1,66E-05
19,5		3,52E-05		1,66E-05
20,5		3,51E-05		1,65E-05
21,5		3,51E-05		1,65E-05
22,5		3,51E-05		1,65E-05
23,5		3,53E-05		1,65E-05
24,5		3,56E-05		1,67E-05
25,5		3,61E-05		1,69E-05
26,5		3,70E-05		1,72E-05
27,5		3,85E-05		1,76E-05
Средневзвеш.		3,80E-05		1,74E-05
0,5		1,94E-05		1,14E-05
1,5		1,82E-05		1,08E-05
2,5		1,71E-05		1,01E-05
3,5	Pb-212	1,62E-05	Ce-141	9,63E-06
4,5		1,55E-05		9,13E-06
5,5		1,48E-05		8,72E-06
6,5		1,42E-05		8,31E-06
7,5		1,36E-05		7,95E-06
8,5		1,30E-05		7,63E-06
9,5		1,26E-05		7,39E-06
10,5		1,22E-05		7,10E-06
11,5		1,18E-05		6,88E-06
12,5		1,15E-05		6,70E-06
13,5		1,12E-05		6,50E-06
14,5		1,09E-05		6,33E-06
15,5		1,08E-05		6,20E-06
16,5		1,07E-05		6,13E-06
17,5		1,05E-05		6,04E-06
18,5		1,03E-05		5,99E-06
19,5		1,03E-05		5,97E-06
20,5		1,03E-05		5,95E-06
21,5		1,02E-05		5,97E-06
22,5		1,02E-05		6,00E-06
23,5		1,03E-05		6,06E-06
24,5		1,05E-05		6,17E-06
25,5		1,06E-05		6,31E-06
26,5		1,09E-05		6,51E-06
27,5		1,14E-05		6,76E-06
Средневзвеш.		1,11E-05		6,51E-06
0,5		4,51E-08		
1,5	Tc-97m	4,27E-08		

Продолжение таблицы П 17

Глубина, см	Р/н	DCF_{soil} , мкГр·кг·час ⁻¹ ·Бк ⁻¹	Р/н	DCF_{soil} , мкГр·кг·час ⁻¹ ·Бк ⁻¹
2,5		4,00E-08		
3,5		3,73E-08		
4,5		3,53E-08		
5,5		3,35E-08		
6,5		3,17E-08		
7,5		3,00E-08		
8,5		2,86E-08		
9,5		2,74E-08		
10,5		2,62E-08		
11,5		2,51E-08		
12,5		2,42E-08		
13,5		2,35E-08		
14,5		2,24E-08		
15,5		2,22E-08		
16,5		2,21E-08		
17,5		2,23E-08		
18,5		2,23E-08		
19,5		2,24E-08		
20,5		2,23E-08		
21,5		2,24E-08		
22,5		2,28E-08		
23,5		2,32E-08		
24,5		2,41E-08		
25,5		2,50E-08		
26,5		2,62E-08		
27,5		2,75E-08		
Средневзвеш.		2,47E-08		

Таблица П 18. Дозовые коэффициенты для лосоля, находящегося на поверхности почвы (источник — почва)

Глубина, см	Р/н	DCF_{soil} , мкГр·кг·час ⁻¹ ·Бк ⁻¹	Р/н	DCF_{soil} , мкГр·кг·час ⁻¹ ·Бк ⁻¹
1		4,14E-04		3,71E-04
3		3,63E-04		3,29E-04
5		3,24E-04		2,97E-04
7		2,93E-04		2,71E-04
9		2,68E-04		2,50E-04
11		2,47E-04		2,31E-04
13		2,27E-04		2,16E-04
15		2,11E-04		2,02E-04
17		1,97E-04		1,91E-04
19		1,85E-04		1,81E-04
21		1,75E-04		1,72E-04
23	Ag-110m	1,66E-04	Co-60	1,64E-04
25		1,58E-04		1,56E-04
27		1,52E-04		1,51E-04
29		1,48E-04		1,47E-04
31		1,38E-04		1,42E-04
33		1,38E-04		1,38E-04
35		1,37E-04		1,36E-04
37		1,34E-04		1,35E-04
39		1,33E-04		1,35E-04
41		1,34E-04		1,34E-04
43		1,36E-04		1,35E-04

Продолжение таблицы П 18

Глубина, см	Р/н	DCF_{soil} , мкг·р·кг·час ⁻¹ ·Бк ⁻¹	Р/н	DCF_{soil} , мкг·р·кг·час ⁻¹ ·Бк ⁻¹
45		1,38E-04		1,36E-04
47		1,40E-04		1,38E-04
49		1,43E-04		1,41E-04
51		1,48E-04		1,45E-04
53		1,55E-04		1,51E-04
55		1,66E-04		1,59E-04
57		1,80E-04		1,71E-04
59		2,05E-04		1,90E-04
Средневзвеш.		1,60E-04		1,56E-04
1		2,44E-04		1,17E-04
3		2,15E-04		1,02E-04
5		1,94E-04		9,05E-05
7		1,76E-04		8,14E-05
9		1,62E-04		7,38E-05
11		1,50E-04		6,74E-05
13		1,39E-04		6,21E-05
15		1,30E-04		5,75E-05
17		1,22E-04		5,33E-05
19		1,15E-04		5,01E-05
21	Sb-124	1,09E-04	Nb-95	4,70E-05
23		1,04E-04		4,44E-05
25		9,95E-05		4,22E-05
27		9,66E-05		4,03E-05
29		9,49E-05		3,90E-05
31		9,00E-05		3,78E-05
33		8,91E-05		3,71E-05
35		8,71E-05		3,61E-05
37		8,59E-05		3,59E-05
39		8,52E-05		3,56E-05
41		8,54E-05		3,52E-05
43		8,59E-05		3,55E-05
45		8,66E-05		3,62E-05
47		8,82E-05		3,71E-05
49		9,05E-05		3,82E-05
51		9,29E-05		4,00E-05
53		9,68E-05		4,20E-05
55		1,03E-04		4,49E-05
57		1,10E-04		4,88E-05
59		1,23E-04		5,57E-05
Средневзвеш.		1,00E-04		4,31E-05
1		9,13E-05		7,51E-05
3		7,93E-05		6,48E-05
5		7,03E-05		5,70E-05
7		6,31E-05		5,08E-05
9		5,71E-05		4,57E-05
11		5,20E-05		4,13E-05
13		4,75E-05		3,77E-05
15	Cs-137	4,38E-05	Ru-103	3,45E-05
17		4,06E-05		3,18E-05
19		3,79E-05		2,95E-05
21		3,55E-05		2,75E-05
23		3,36E-05		2,58E-05
25		3,20E-05		2,44E-05
27		3,07E-05		2,29E-05

Продолжение таблицы П 18

Глубина, см	Р/н	DCF_{soil} , мкГр·кг·час ⁻¹ ·Бк ⁻¹	Р/н	DCF_{soil} , мкГр·кг·час ⁻¹ ·Бк ⁻¹
29		2,96E-05		2,24E-05
31		2,82E-05		2,10E-05
33		2,76E-05		2,07E-05
35		2,69E-05		2,00E-05
37		2,66E-05		2,00E-05
39		2,65E-05		2,00E-05
41		2,65E-05		2,02E-05
43		2,69E-05		2,05E-05
45		2,73E-05		2,11E-05
47		2,80E-05		2,16E-05
49		2,90E-05		2,25E-05
51		3,01E-05		2,37E-05
53		3,18E-05		2,51E-05
55		3,42E-05		2,71E-05
57		3,76E-05		3,00E-05
59		4,31E-05		3,48E-05
Средневзвеш.		3,27E-05		2,54E-05
1		5,79E-05		2,30E-05
3		4,99E-05		2,05E-05
5		4,37E-05		1,86E-05
7		3,87E-05		1,70E-05
9		3,46E-05		1,58E-05
11		3,10E-05		1,47E-05
13	I-131	2,80E-05	K-40	1,37E-05
15		2,55E-05		1,29E-05
17		2,34E-05		1,22E-05
19		2,16E-05		1,16E-05
21		2,00E-05		1,11E-05
23		1,87E-05		1,06E-05
25		1,77E-05		1,02E-05
27		1,70E-05		9,97E-06
29		1,64E-05		9,65E-06
31		1,53E-05		9,17E-06
33		1,49E-05		9,12E-06
35		1,46E-05		9,04E-06
37		1,46E-05		8,94E-06
39		1,46E-05		8,85E-06
41		1,47E-05		8,77E-06
43		1,50E-05		8,78E-06
45		1,54E-05		8,84E-06
47		1,60E-05		8,94E-06
49		1,67E-05		9,16E-06
51		1,77E-05		9,40E-06
53		1,89E-05		9,75E-06
55		2,06E-05		1,02E-05
57		2,29E-05		1,09E-05
59		2,68E-05		1,21E-05
Средневзвеш.		1,89E-05		1,01E-05
1		1,73E-05		1,02E-05
3		1,49E-05		8,76E-06
5	Pb-212	1,29E-05	Ce-141	7,52E-06
7		1,13E-05		6,52E-06
9		1,00E-05		5,65E-06
11		8,93E-06		4,93E-06

Продолжение таблицы П 18

Глубина, см	Р/н	DCF_{soil} , мкГр·кг·час ⁻¹ ·Бк ⁻¹	Р/н	DCF_{soil} , мкГр·кг·час ⁻¹ ·Бк ⁻¹
13		7,93E-06		4,31E-06
15		7,12E-06		3,79E-06
17		6,45E-06		3,37E-06
19		5,85E-06		3,01E-06
21		5,34E-06		2,73E-06
23		4,97E-06		2,51E-06
25		4,64E-06		2,32E-06
27		4,38E-06		2,15E-06
29		4,21E-06		2,07E-06
31		3,99E-06		1,98E-06
33		3,93E-06		1,92E-06
35		3,87E-06		1,92E-06
37		3,83E-06		1,91E-06
39		3,86E-06		1,95E-06
41		3,95E-06		2,02E-06
43		4,08E-06		2,11E-06
45		4,22E-06		2,24E-06
47		4,43E-06		2,42E-06
49		4,71E-06		2,64E-06
51		5,07E-06		2,91E-06
53		5,52E-06		3,23E-06
55		6,09E-06		3,63E-06
57		6,87E-06		4,19E-06
59		8,11E-06		5,00E-06
Средневзвеш.		5,30E-06		2,92E-06
1	Тс-97m	4,05E-08		
3		3,41E-08		
5		2,87E-08		
7		2,42E-08		
9		2,05E-08		
11		1,74E-08		
13		1,48E-08		
15		1,26E-08		
17		1,10E-08		
19		9,65E-09		
21		8,60E-09		
23		7,72E-09		
25		7,11E-09		
27		6,68E-09		
29		6,29E-09		
31		5,95E-09		
33		5,93E-09		
35		5,84E-09		
37		5,97E-09		
39		6,11E-09		
41		6,42E-09		
43		6,87E-09		
45		7,43E-09		
47		8,18E-09		
49		9,16E-09		
51		1,04E-08		
53		1,21E-08		
55		1,41E-08		
57		1,68E-08		

Продолжение таблицы П 18

Глубина, см	Р/н	DCF_{soil} , мкГр·кг·час ⁻¹ ·Бк ⁻¹	Р/н	DCF_{soil} , мкГр·кг·час ⁻¹ ·Бк ⁻¹
59		2,05E-08		
Средневзвеш.		1,03E-08		

Таблица П 19. Дозовые коэффициенты для слона, находящегося на поверхности почвы (источник — почва)

Глубина, см	Р/н	DCF_{soil} , мкГр·кг·час ⁻¹ ·Бк ⁻¹	Р/н	DCF_{soil} , мкГр·кг·час ⁻¹ ·Бк ⁻¹
2,5	Ag-110m	3,42E-04	Co-60	3,07E-04
7,5		2,44E-04		2,25E-04
12,5		1,82E-04		1,73E-04
17,5		1,39E-04		1,36E-04
22,5		1,08E-04		1,09E-04
27,5		8,51E-05		8,80E-05
32,5		6,84E-05		7,24E-05
37,5		5,61E-05		6,04E-05
42,5		4,71E-05		5,15E-05
47,5		4,03E-05		4,46E-05
52,5		3,50E-05		3,95E-05
57,5		3,17E-05		3,58E-05
62,5		2,94E-05		3,33E-05
67,5		2,75E-05		3,06E-05
72,5		2,64E-05		2,97E-05
77,5		2,61E-05		2,92E-05
82,5		2,65E-05		2,94E-05
87,5		2,76E-05		3,04E-05
92,5		2,97E-05		3,23E-05
97,5		3,25E-05		3,50E-05
102,5	3,68E-05	3,90E-05		
107,5	4,30E-05	4,47E-05		
112,5	5,17E-05	5,26E-05		
117,5		6,47E-05		6,40E-05
122,5		8,51E-05		8,17E-05
127,5		1,25E-04		1,16E-04
Средневзвеш.		5,26E-05		5,37E-05
2,5	Sb-124	2,01E-04	Nb-95	9,62E-05
7,5		1,46E-04		6,77E-05
12,5		1,11E-04		4,98E-05
17,5		8,68E-05		3,75E-05
22,5		6,89E-05		2,86E-05
27,5		5,56E-05		2,22E-05
32,5		4,56E-05		1,76E-05
37,5		3,81E-05		1,42E-05
42,5		3,25E-05		1,17E-05
47,5		2,83E-05		9,88E-06
52,5		2,51E-05		8,58E-06
57,5		2,26E-05		7,69E-06
62,5		2,11E-05		7,10E-06
67,5		1,96E-05		6,52E-06
72,5		1,91E-05		6,38E-06
77,5		1,88E-05		6,35E-06
82,5		1,90E-05		6,49E-06
87,5		1,96E-05		6,83E-06
92,5		2,08E-05		7,36E-06
97,5		2,26E-05		8,20E-06

Продолжение таблицы П 19

Глубина, см	Р/н	DCF_{soil} , мкГр·кг·час ⁻¹ ·Бк ⁻¹	Р/н	DCF_{soil} , мкГр·кг·час ⁻¹ ·Бк ⁻¹
102,5		2,51E-05		9,38E-06
107,5		2,88E-05		1,11E-05
112,5		3,40E-05		1,36E-05
117,5		4,15E-05		1,73E-05
122,5		5,33E-05		2,32E-05
127,5		7,59E-05		3,48E-05
Средневзвеш.		3,46E-05		1,38E-05
2,5	Cs-137	7,53E-05	Ru-103	6,19E-05
7,5		5,24E-05		4,23E-05
12,5		3,81E-05		3,01E-05
17,5		2,83E-05		2,18E-05
22,5		2,13E-05		1,61E-05
27,5		1,63E-05		1,20E-05
32,5		1,28E-05		9,19E-06
37,5		1,02E-05		7,21E-06
42,5		8,34E-06		5,83E-06
47,5		7,02E-06		4,85E-06
52,5		6,07E-06		4,19E-06
57,5		5,42E-06		3,74E-06
62,5		4,99E-06		3,49E-06
67,5		4,64E-06		3,23E-06
72,5		4,52E-06		3,18E-06
77,5		4,50E-06		3,18E-06
82,5		4,63E-06		3,29E-06
87,5		4,88E-06		3,49E-06
92,5		5,31E-06		3,81E-06
97,5		5,93E-06		4,32E-06
102,5		6,88E-06	5,08E-06	
107,5		8,24E-06	6,20E-06	
112,5		1,02E-05	7,85E-06	
117,5		1,32E-05	1,04E-05	
122,5		1,79E-05	1,44E-05	
127,5		2,71E-05	2,22E-05	
Средневзвеш.		1,03E-05	7,88E-06	
2,5	I-131	4,76E-05	K-40	1,90E-05
7,5		3,21E-05		1,41E-05
12,5		2,25E-05		1,10E-05
17,5		1,60E-05		8,75E-06
22,5		1,15E-05		7,08E-06
27,5		8,42E-06		5,81E-06
32,5		6,34E-06		4,84E-06
37,5		4,91E-06		4,09E-06
42,5		3,94E-06		3,51E-06
47,5		3,28E-06		3,07E-06
52,5		2,84E-06		2,73E-06
57,5		2,54E-06		2,48E-06
62,5		2,37E-06		2,30E-06
67,5		2,25E-06		2,14E-06
72,5		2,20E-06		2,07E-06
77,5		2,19E-06		2,04E-06
82,5		2,27E-06		2,05E-06
87,5		2,43E-06		2,11E-06
92,5		2,66E-06		2,22E-06
97,5		3,03E-06		2,39E-06

Продолжение таблицы П 19

Глубина, см	Р/н	DCF_{soil} , мкГр·кг·час ⁻¹ ·Бк ⁻¹	Р/н	DCF_{soil} , мкГр·кг·час ⁻¹ ·Бк ⁻¹
102,5		3,61E-06		2,64E-06
107,5		4,48E-06		2,99E-06
112,5		5,78E-06		3,48E-06
117,5		7,81E-06		4,18E-06
122,5		1,11E-05		5,25E-06
127,5		1,74E-05		7,29E-06
Средневзвеш.		5,81E-06		3,55E-06
2,5	Pb-212	1,43E-05	Ce-141	8,46E-06
7,5		9,44E-06		5,41E-06
12,5		6,35E-06		3,45E-06
17,5		4,31E-06		2,20E-06
22,5		2,96E-06		1,42E-06
27,5		2,08E-06		9,47E-07
32,5		1,50E-06		6,64E-07
37,5		1,14E-06		4,99E-07
42,5		9,02E-07		3,98E-07
47,5		7,54E-07		3,42E-07
52,5		6,61E-07		3,09E-07
57,5		6,02E-07		2,92E-07
62,5		5,69E-07		2,76E-07
67,5		5,46E-07		2,75E-07
72,5		5,38E-07		2,76E-07
77,5		5,45E-07		2,77E-07
82,5		5,63E-07		2,84E-07
87,5		6,03E-07		3,01E-07
92,5		6,67E-07		3,29E-07
97,5		7,70E-07		3,77E-07
102,5		9,34E-07	4,64E-07	
107,5		1,20E-06	6,11E-07	
112,5		1,62E-06	8,66E-07	
117,5		2,29E-06	1,30E-06	
122,5		3,37E-06	2,05E-06	
127,5		5,44E-06	3,46E-06	
Средневзвеш.		1,62E-06	9,07E-07	
2,5	Tc-97m	3,31E-08		
7,5		1,99E-08		
12,5		1,17E-08		
17,5		6,88E-09		
22,5		4,16E-09		
27,5		2,66E-09		
32,5		1,84E-09		
37,5		1,40E-09		
42,5		1,18E-09		
47,5		1,07E-09		
52,5		1,01E-09		
57,5		9,71E-10		
62,5		9,44E-10		
67,5		9,42E-10		
72,5		9,40E-10		
77,5		9,42E-10		
82,5		9,52E-10		
87,5	9,82E-10			
92,5	1,06E-09			
97,5	1,18E-09			

Продолжение таблицы П 19

Глубина, см	Р/н	DCF_{soil} , мкг·р·кг·час ⁻¹ ·Бк ⁻¹	Р/н	DCF_{soil} , мкг·р·кг·час ⁻¹ ·Бк ⁻¹
102,5		1,43E-09		
107,5		1,89E-09		
112,5		2,80E-09		
117,5		4,51E-09		
122,5		7,81E-09		
127,5		1,44E-08		
Средневзвеш.		3,27E-09		