

Лабораторная работа. МЕТОДЫ ПЕРЕРАБОТКИ ПРОДУКЦИИ РАСТЕНИЕВОДСТВА, ЖИВОТНОВОДСТВА И ЛЕСОВОДСТВА, НАПРАВЛЕННЫЕ НА СНИЖЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ ЦЕЗИЯ-137

Несмотря на то, что после катастрофы на Чернобыльской АЭС прошло более 20 лет, содержание радионуклидов цезия-137 и стронция-90 в сельскохозяйственной продукции и продуктах питания превышает содержание, которое было зарегистрировано до катастрофы. Так, среднее содержание ^{137}Cs глобального происхождения в основных продуктах питания жителей Минской области в 1985 г. составляло: в молоке – 0,31 Бк/л, хлебе ржаном – 0,12 Бк/кг, хлебе пшеничном – 0,21 Бк/кг, картофеле – 0,60 Бк/кг, свинине – 0,16 Бк/кг и говядине – 0,29 Бк/кг. Содержание ^{137}Cs в этих же продуктах в 1995 г. составляло соответственно 37,2; 5,03; 6,8; 5,0; 6,8; 9,8 Бк/кг. При этом суточное поступление ^{137}Cs в организм человека до чернобыльской катастрофы составляло около 1 Бк/сут, а в 1995 г. – 22 Бк/сут. Содержание ^{90}Sr – соответственно 0,6 и 1,0 Бк/сут.

С продуктами питания радионуклиды поступают в организм человека, где накапливаются в различных органах и тканях. Известно, что цезий-137 накапливается в мышечной ткани и во внутренних органах, а стронций-90 – преимущественно в костной ткани. Ионизирующие излучения, возникающие при радиоактивном распаде ядер радионуклидов, находящихся в организме, формируют дозу внутреннего облучения человека. Основной вклад в дозу внутреннего облучения человека вносят молоко и молочные продукты, картофель и лесные продукты питания.

В настоящее время сельскохозяйственное производство на территории радиоактивного загрязнения осуществляется при плотности загрязнения цезием-137 почвы не более 1480 кБк/м² (40 Ки/км²) и стронцием-90 не более 111 кБк/м² (3 Ки/км²).

Проведение агротехнических, агрохимических и других мероприятий, направленных на уменьшение поступления и накопления радионуклидов цезия-137 и стронция-90 в продукцию растениеводства и животноводства, не позволяет полностью исключить их попадание в продукты питания. Дальнейшее снижение содержания техногенных радионуклидов в продуктах питания возможно в процессе переработки продукции растениеводства, животноводства и лесоводства.

Радионуклиды попадают в растения и далее в организм животных и человека преимущественно в составе хорошо растворимых в воде соединений. Поэтому они концентрируются в продукции в основном в компонентах, содержащих воду. В связи с этим любая технологическая переработка, предусматривающая отделение воды путем отжима, фильтрования, центрифугирования и других способов, кроме высушивания, будет приводить к дезактивации продукта. Установлено, что при некоторых технологических процессах переработки, сопровождающихся разделением продукции на несколько компонентов, большая часть радионуклидов концентрируется в каком-либо одном компоненте (причем этим компонентом нередко оказывается не основной, а побочный продукт переработки).

В первичной переработке продукции, загрязненной радионуклидами, выделяют механическую очистку, термическую обработку, техническую переработку и засолку.

Механическая очистка. Несложные процедуры, такие, как тщательная мойка овощей, фруктов, ягод, грибов, а также снятие кожуры и кроющих листьев, позволяют снизить содержание в них радионуклидов на 30–50%. При разделке рыбы, когда удаляются чешуя, жабры, голова, внутренности, плавники, большая часть радионуклидов устраняется с этими отходами.

Термическая обработка. Обработка пищевых продуктов, содержащих радионуклиды, без добавления (обжаривание) или с добавлением в небольшом количестве (тушение) воды снижает содержание радионуклидов в готовом продукте только на 15–20% от исходного уровня. При варке мяса и овощей в большом объеме воды в бульон особенно интенсивно переходит цезий-137.

Техническая переработка. Обычное отвеивание зерна (пшеница, рожь) дает возможность снизить уровни загрязнения зерна примерно в 1,5–2,0 раза. При обрушивании зерна ячменя, овса, гречихи с удалением пленок содержание радионуклидов в конечном продукте, т.е. в крупе, снижается в 10–20 раз, при переработке пшеницы и ржи на муку – в 1,5–2 раза. Особенно эффективна глубокая переработка сельскохозяйственной продукции в процессе получения сахара, крахмала, спирта и масла (табл. 10.1). В конечных продуктах переработки радионуклиды или не обнаруживаются совсем, или находятся в малых количествах.

Предварительная обработка мелко нарезанного мяса в воде, или в 0,85%-ном растворе поваренной соли обеспечивает удаление из него 30–60% цезия-137.

Техническая переработка загрязненной радионуклидами сельскохозяйственной продукции должна осуществляться непременно с учетом уровней загрязнения исходного сырья, экономической целесообразности этого мероприятия, возможности использования ценных кормовых отходов технических производств для получения дополнительной продукции. Например, в животноводстве при откорме возможно использование в рационах животных загрязненных радионуклидами жмыха, шрота, патоки, барды, жома и т. д.

Таблица 10.1. Влияние технической переработки сельскохозяйственного сырья на содержание радионуклидов в конечном продукте

Исходная продукция	Конечная продукция	Содержание радионуклидов в продукте, % от исходного	
		⁹⁰ Sr	¹³⁷ Cs
Сахарная свекла	Сахар	0,02	0,5
	Жом	53	16
	Патока	0,8	0,5
Картофель	Крахмал	2	5
	Спирт	0	0
	Барда	95	95
Подсолнечник	Масло	0	0
Пшеница, рожь	Мука	60	60
Ячмень, овес, гречиха	Крупа	70	70

Засолка. При засолке огурцов, капусты, грибов в рассол переходит примерно половина радионуклидов, находящихся в перерабатываемом исходном сырье.

Цель работы: определить эффективность различных методов переработки продукции растениеводства, животноводства и лесоводства, направленных на снижение содержания цезия-137.

Механическая очистка и техническая переработка продукции растениеводства

Снижение содержания радионуклидов в продукции растениеводства достигается при использовании таких простых методов, как промывка в проточной воде, очистка от кожуры, отмачивание в воде, удаление кроющих листьев у капусты. Концентрация радионуклидов в продукции уменьшается также при консервировании, засолке, варке, но при этом надо помнить, что радионуклиды переходят в маринад при консервировании или в воду при варке. Эффективность этих приемов с учетом кратности очистки от цезия-137 приведена в табл. 10.2.

Овощи (огурцы и помидоры) достаточно перед использованием промыть. Капусту следует употреблять без верхних трех-четырех листьев и кочерыжки, так как удаление кроющих листьев снижает загрязнение радионуклидами до четырех раз.

У свеклы, моркови, брюквы, репы, редьки и других корнеплодов обязательно нужно удалять ботву вместе с венчиком на 10–15 мм. Это позволяет снизить уровень загрязнения в 15–20 раз. Лук, салат, петрушку, редис и другие овощи тщательно отмывают от частиц почвы. Картофель и корнеплоды необходимо промывать два раза: перед тем как снимать

кожуру и после очистки кожуры.

Таблица 10.2. Эффективность приемов снижения содержания радионуклидов в продукции растениеводства

Исходная продукция	Способ обработки (готовый продукт)	Коэффициент очистки, $K_{оч}$
1	2	3
Зерно (пшеница, рожь, ячмень, гречиха, пшено и др.)	Отвевание	1,5–2,0
	Отмывание проточной водой	1,5–3,0
	Переработка на муку, крупу	1,2–2,5
	Переработка на спирт	1000
Зерно (овес, гречиха, ячмень, овес)	Обрушение, удаление пленок	10–20
Картофель (клубни)	Очистка	3–5
	Варка	2–3
	Переработка на крахмал	50
	Переработка на спирт	1000
Соя, рапс, подсолнечник, кукуруза	Переработка на растительное масло	500 (промышленный способ), 50 (в домашних условиях)
Овощи	Отмывание проточной водой	3–10
	Удаление кроющихся листьев (кочан), засолка, маринование	2–5
Сахарная свекла	Переработка на сахар	70–90
Ягоды, фрукты	Переработка на сок	До 100
	Переработка на вино	До 500
	Переработка на варенье	100–500

При варке картофеля, свеклы, моркови, фасоли нужно сливать отвар после 10–15 минут кипячения, что способствует удалению из этих овощей от 50 до 90% цезия-137.

Яблоки, груши, сливы, вишни и другие фрукты необходимо промывать проточной водой, особенно тщательно возле плодоножек и цветоложа. Ягоды нужно употреблять в пищу после их тщательной промывки в проточной воде.

Эффективность очистки сельскохозяйственной продукции от радионуклидов оценивается коэффициентом очистки ($K_{оч}$) – отношением содержания радионуклида в исходном сырье к содержанию радионуклида в конечном продукте. Он показывает, во сколько раз конечный продукт переработки стал чище, чем исходное перерабатываемое сырьё, и определяется по формуле

$$K_{оч} = a_1/a_2, \quad (10.1)$$

где a_1 – содержание радионуклида в исходном сырье, Бк/кг;

a_2 – содержание радионуклида в конечном продукте переработки, Бк/кг.

Задание 10.1. Переработка зерна зерновых и крупяных культур

Зерно зерновых и крупяных культур используется в пищу в виде крупы, муки и других продуктов. Установлено, что в зерне радионуклиды распределяются неравномерно; максимальная концентрация наблюдается в кроющихся чешуях и оболочках, минимальная – в эндосперме. Поэтому механическое удаление кроющихся чешуй и оболочек (обрушивание) при производстве крупы может снижать содержание радионуклидов в конечном продукте в 10–20 раз. В то же время при отвевании зерна, пшеницы, ржи, ячменя, гречихи, пшена коэффициент очистки составляет 1,5–2, при отмывании проточной водой – 1,5–3,0, при переработке на хлеб и крупу – 1,2–2,5, при переработке на спирт – 1000 (табл. 10.2).

Материалы и оборудование: гамма-радиометр РКГ-АТ1320 (РКГ-01 или др.),

пробы зерна зерновых и крупяных культур, полученные из них пробы крупы и муки, весы лабораторные.

Выполнение работы

1. Подготовьте радиометр к работе.
2. Измерьте удельную активность зерна, крупы и муки. Полученные результаты занесите в табл. 10.3 отчета по работе. Сравните содержание цезия-137 в продуктах переработки с РДУ-99 (приложения 2 и 3).

Таблица 10.3. Эффективность технической переработки зерновых и крупяных культур

№ п.п.	Культура	Вид продукции	Содержание цезия-137, Бк/кг	Предельно допустимое содержание цезия-137, Бк/кг	Коэффициент очистки $K_{оч}$
1	Овес	Зерно			
		Крупа			
2	Ячмень	Зерно			
		Крупа			
3	Гречиха	Зерно			
		Крупа			
4	Просо	Зерно			
		Крупа			
5	Рожь	Зерно			
		Мука			

3. Рассчитайте кратность очистки (коэффициент очистки) для каждого продукта.
4. Сделайте выводы об эффективности технической переработки зерновых и крупяных культур.

Задание 10.2. Дезактивация клубней картофеля

При возделывании картофеля возможно поверхностное и структурное загрязнение клубней. Поверхностное загрязнение происходит в результате прилипания частиц почвы, содержащих цезий-137 и стронций-90, к поверхности клубня, поэтому картофель перед закладкой на хранение должен тщательно просушиваться и очищаться от почвы. Поверхностное загрязнение легко устраняется при промывании клубней в проточной воде перед очисткой клубня от кожуры и при промывании клубней после очистки кожуры. Структурное загрязнение происходит в результате включения радионуклидов в ткани клубней картофеля. Поступление цезия-137 и стронция-90 в клубни картофеля непосредственно из почвы не происходит. Из почвенного раствора и почвенных частиц ионы радионуклидов первоначально всасываются корневой системой растения по механизму ионно-обменных реакций. Затем из корней аналогично элементам питания, т.е. с восходящим током, радионуклиды переносятся в стебли и листья, из которых с нисходящим током частично переносятся в клубни, где накапливаются в течение всего периода вегетации. В связи с этим для снижения перехода и содержания радионуклидов в клубнях ботва картофеля должна скашиваться за 2–3 недели до уборки урожая.

Распределение радионуклидов в клубне происходит неравномерно. Установлено, что основное их количество концентрируется в кожуре, поэтому очистка клубней от нее приводит к снижению содержания радионуклидов в 3–5 раз. Отваривание очищенного картофеля со сменой отвара после 10–15 минут кипячения приводит к снижению содержания цезия-137 в готовом продукте еще в 2–3 раза. Техническая переработка клубней картофеля в крахмал и спирт снижает содержание в них цезия-137 соответственно в 50 и 1000 раз (см. табл.10.1).

При варке картофеля на переход радионуклидов в отвар влияют два фактора. Первый фактор – наличие поваренной соли в воде при его варке. Например, установлено, что если при варке картофеля в воду добавить 6 г/л поваренной соли, то в очищенных сваренных клубнях обнаруживается всего 37% радиоактивного стронция и 40% цезия. Если при варке соль в воду не добавляется, то в клубнях картофеля может находиться примерно по 65% этих радионуклидов от исходного содержания. Эффект от добавления соли увеличивается, если картофель перед варкой измельчается на кубики. Вторым фактором – наличие на картофеле кожуры. При варке картофеля «в мундире» переход радионуклидов в отвар значительно ниже, чем при варке очищенных клубней.

Материалы и оборудование: гамма-радиометр РКГ-АТ1320 (РКГ-01 «Алиот» или др.), клубни картофеля, весы лабораторные, нож, посуда для варки, поваренная соль.

Выполнение работы

1. Подготовьте радиометр к работе.
2. Последовательно измерьте содержание цезия-137 в пробах картофеля, подготовленных согласно вариантам, приведенным в табл. 10.4.

Таблица 10.4. Эффективность методов дезактивации картофеля

№ п.п.	Картофель	Содержание цезия-137, Бк/кг	Коэффициент очистки $K_{оч}$
1	Без промывки и очистки		
2	Промытый в проточной воде		
3	Промытый в воде и очищенный от кожуры		
4	Отваренный в чистой воде		
5	Отваренный в соленой воде (6 г соли на 1 л воды)		

3. Рассчитайте кратность очистки (коэффициент очистки или дезактивации) клубней картофеля для каждого способа дезактивации.
4. Сделайте выводы об эффективности способов дезактивации картофеля.

Контрольные вопросы

1. Какие радионуклиды формируют радиационную обстановку в Республике Беларусь?
2. Назовите основные источники поступления цезия-137 и стронция-90 в биосферу.
3. Назовите максимальные пределы плотности загрязнения почвы цезием-137 и стронцием-90 при производстве сельскохозяйственной продукции.
4. В какой форме радионуклиды поступают в растения, организм животных и человека?
5. Во сколько раз возросло содержание цезия-137 и стронция-90 в основных продуктах питания после катастрофы на Чернобыльской АЭС?
6. Назовите основные продукты питания, которые вносят максимальный вклад в дозу внутреннего облучения.
7. В каких органах и тканях в организме человека распределяются цезий-137 и стронций-90?
8. Какие способы первичной переработки продукции вы знаете и какова их эффективность?
9. Что такое техническая переработка? Приведите примеры, показывающие ее эффективность.
10. Дайте определение коэффициента очистки.
11. От чего зависит накопление радионуклидов в товарной части урожая?

12. Как радионуклиды распределяются в зерне?
13. Назовите основные приемы дезактивации зерна и укажите их эффективность, или коэффициенты очистки.
14. Какие коэффициенты очистки зерна зерновых и крупяных культур были получены при выполнении лабораторной работы?
15. Что такое поверхностное и структурное загрязнение урожая?
16. Как устранить поверхностное загрязнение зерна и картофеля?
17. Как происходит структурное загрязнение зерна и картофеля?
18. Как радионуклиды распределяются в клубне картофеля?
19. Во сколько раз снижается содержание цезия-137 при очистке и варке картофеля?
20. Как осуществляется термическая обработка картофеля и как улучшить ее эффективность?
21. Назовите основные факторы, влияющие на переход радионуклидов в отвар при варке картофеля.
22. Какие коэффициенты очистки картофеля получены при выполнении лабораторной работы?
23. Какие продукты получают при технической переработке картофеля?
24. Назовите допустимые уровни содержания цезия-137 в хлебе, муке, крупе и картофеле.

Технологические приемы обработки продукции животноводства

Снижение загрязнения продуктов животноводства радионуклидами осуществляется по двум основным направлениям. Первое направление – ограничение поступления радионуклидов в организм животных. В этом направлении особое значение приобретают способы организации кормления и содержания лактирующих коров и скота, находящегося на заключительной (преддубойной) стадии откорма. Второе направление – снижение содержания радионуклидов в продукции путем технологической переработки.

Снижению содержания радионуклидов в продукции животноводства способствуют традиционные методы технологической и кулинарной обработки молока и мяса.

При переработке молока часть радионуклидов, содержащихся в нем, может переходить из загрязненного молока в молочные продукты. Цезий-137 в молоке находится в водной фазе, поэтому при получении масла и сыров он остается в сыворотке и пахте. Стронций-90 в основном связан с казеином в виде казеинатфосфатного комплекса, поэтому при переработке молока вначале необходимо разрушить этот комплекс путем подкисления лимонной или соляной кислотой. При сквашивании молока комплекс разрушается молочной кислотой, выделяемой молочнокислыми бактериями. При кислотном свертывании молока до 90% стронция удаляется с сывороткой, при безкислотном сычужном свертывании молока с сывороткой удаляется не более 20% стронция и около 80% остается в сыре, при сычужно-кислотном свертывании в сыре остается около 70% стронция. Удаление цезия-137 с сывороткой практически одинаково как при сычужном, так и при кислотном свертывании, поэтому в сыре остается 10–20% цезия-137.

При сепарировании молока около 85% радионуклидов переходит в обезжиренное молоко, а в 20%-ных сливках остается только 15% радионуклидов. В ходе дальнейшей переработки сливок для получения сливочного масла большая часть ^{90}Sr и ^{137}Cs , содержащихся в сливках, удаляется в пахту, а в масле обнаруживается соответственно 1,3 и 2,3% радионуклидов, находившихся в исходном загрязненном молоке. Топленое масло практически не содержит радионуклидов, потому что при перетопке сливочного масла отделяются лецитино-белковые оболочки жировых шариков, с которыми связаны радионуклиды.

Следует иметь в виду, что хотя с отходами переработки молока удаляется большое

количество радионуклидов, их концентрация (Бк/кг) в молочных продуктах может быть такой же, как и в молоке (или даже выше). Это объясняется тем, что для производства молочных продуктов используется сравнительно большое количество молока. Например, на изготовление 1 кг сливочного масла требуется 20–25 кг молока, а на 1 кг творога или сыра расходуется 8–10 кг цельного молока и т.д.

Ориентировочные данные о загрязнении молочных продуктов относительно молока приведены в табл. 10.5.

Цезий-137 и стронций-90 не связываются с жировой фазой молока, поэтому наименее загрязненным продуктом при переработке молока является масло, далее идут сливки, творог и сыр клинковый.

Из побочных продуктов переработки молока максимальное содержание этих радионуклидов обнаруживается в сыворотке.

Таблица 10.5. Переход радионуклидов из молока в молочные продукты, в процентах от содержания в молоке

№ п.п.	Вид продукции	Стронций-90	Цезий-137
1	Сливки: жирность, %:		
	10	36,5	36,5
	20	15,4	15,8
	35	6,6	6,8
2	60	1,6	1,9
	Тощий творог:		
	кислотный (молочно-кислая закваска)	8,1	10,9
	сычужно-кислотный (сычужный фермент)	31,0	12,0
3	Жирный творог:		
	кислотный (молочно-кислая закваска)	8,2	12,2
4	сычужно-кислотный (сычужный фермент)	68,8	23,2
	Масло сливочное	1,28	2,25
5	Масло топленое	0	0
6	Казеин кислый	6,5	1,8
7	Казеин сычужный	84,6	1,8

Переработка загрязненного радионуклидами молока на сливки, масло, творог и сыр приводит к снижению содержания радионуклидов в конечных продуктах на 40–90%, потому что в процессе переработки значительная их часть переходит в побочные продукты – обрат, сыворотку, пахту. При переработке молока в творог может переходить 5,2–13,4% цезия-137 и 16,0–35,0% стронция-90, в сливки соответственно 4,5–10,0 и 2,2–4,7%, в масло – около 1% от исходного содержания радионуклидов в молоке.

Разработан ряд приемов очистки непосредственно самого молока от радионуклидов, но на перерабатывающих предприятиях они не используются, например, очистка молока от радиоизотопов стронция с помощью малорастворимых соединений щелочноземельных элементов, ионообменные методы очистки молока, метод электродиализа.

Значительная часть молока, особенно в сельской местности, подвергается переработке в молочные продукты домашним способом, т. е. путем самопроизвольного сквашивания для получения сметаны, творога, масла. При переработке молока из рациона питания человека может быть исключено до 63–82% содержащихся в нем радионуклидов.

Задание 10.3. Технологическая переработка молока в домашних условиях

Материалы и оборудование: гамма-радиометр РКГ-АТ1320 (РКГ-01), емкости для молока, сметаны, творога, марля, молоко, сметана, творожная масса, весы лабораторные.

Выполнение работы

1. Подготовьте радиометр к работе.
2. Измерьте содержание цезия-137 в цельном молоке. Результат запишите в отчет (табл. 10.6).

Таблица 10.6. Эффективность методов переработки молока

№ п.п.	Вид продукции, способ переработки	Содержание цезия-137, Бк/кг (Бк/л)	Предельно допустимое содержание цезия-137, Бк/кг	Коэффициент очистки $K_{оч}$
1	Молоко цельное			
2	Сметана			
3	Творожная масса			

3. Поставьте молоко для закисания.
4. Снимите сметану.
5. Получите творожную массу путем отжима сыворотки через марлю.
6. Определите содержание цезия-137 в пробах сметаны и творожной массы.
7. Рассчитайте кратность очистки для каждого молочного продукта.
8. Сделайте выводы об эффективности методов переработки молока.

Задание 10.4. Влияние способов технологической переработки молока на содержание цезия-137 в молочных продуктах

1. Используя данные, приведенные в табл. 10.7, рассчитайте процент перехода цезия-137 в продукты переработки молока (содержание цезия-137 в молоке-сырье примите за 100%).

Таблица 10.7. Влияние способов технологической переработки молока на содержание цезия-137 в молочных продуктах

№ п.п.	Вид продукции	Содержание цезия-137 Бк/л (Бк/кг)	Переход цезия-137 в продукты переработки, %	Коэффициент очистки $K_{оч}$
1	Молоко-сырье	103,7		
2	Сливки 20%-ной жирности	48,2		
3	Сливки 70%-ной жирности	7,4		
4	Масло крестьянское	4,8		
5	Сыворотка	40,8		
6	Пахта	39,6		
7	Обезжиренное молоко	74,1		
8	Зерно сырное с сывороткой	88,8		
9	Сыр после промывания	25,9		

2. Рассчитайте кратность очистки молочных продуктов в результате переработки по формуле 10.1.
3. Сделайте вывод, какие способы переработки молока наиболее эффективны.

Задание 10.5. Технологическая переработка мяса

Радионуклиды в туше животного распределяются неравномерно, что вызвано различной аккумуляцией их отдельными органами и тканями животных. Стронций-90 концентрируется в основном в костной ткани, цезий-137 – в мышечной ткани и тканях внутренних органов.

В настоящее время наиболее эффективным методом дезактивации мяса является

кулинарная обработка, представляющая обычную варку в чистой воде или с добавлением в нее соли, лимонной, уксусной и молочной кислот.

Уровень радиоактивного загрязнения мяса может быть значительно снижен путем засолки его в рассоле. Наибольший эффект достигается при предварительной нарезке мяса на куски и последующем посоле при многократной смене рассола. В результате этого цезий-137 переходит в рассол. Эффективность выведения цезия-137 из мышечной ткани возрастает с увеличением длительности вымачивания (не менее 12 ч). При вымачивании и последующей промывке может теряться до 36% питательных веществ, поэтому, чтобы избежать этих потерь, в рассол добавляется немного уксусной эссенции или аскорбиновой кислоты.

Снизить концентрацию радионуклидов в мясе можно также при помощи варки при обязательном удалении отвара после 8–10-минутного кипячения. При обычной варке из мяса, печени и легких в отвар переходит примерно 50 % цезия-137.

В сале содержится значительно меньше радионуклидов, чем в мясе. При его перетопке 95 % цезия-137 остается в шкварке, а в жир переходит до 5 %.

Оценочным параметром влияния технологической переработки пищевого сырья на переход радионуклида в конечную продукцию является коэффициент удержания активности в продукте (F_r), который определяется как доля первоначальной активности радионуклида, остающаяся в продукте после обработки сырья.

При технологической переработке мясного сырья в пищевой промышленности наиболее распространено изготовление колбасных изделий. Значение коэффициента удержания активности для ^{137}Cs при выработке этих продуктов питания значительно варьирует. При этом сказывается влияние различий в рецептуре и технологических процессах для разных видов изделий. Наибольшее загрязнение цезием-137 имеет конечная продукция, в рецептуре которой содержится высокий процент говядины (табл. 10.8).

Установлены также различия в переходе ^{137}Cs при изготовлении различных типов колбасных изделий. Например, при одинаковом содержании говядины в рецептуре вареные колбасы и сосисочные изделия имеют меньшее содержание радионуклида по сравнению с полукопченными колбасами и ветчинами. В первую очередь это объясняется существенными различиями в технологии производства. Стадии копчения и сушки, которые проходят названные изделия, обуславливают увеличение концентрации радионуклида в конечном продукте.

На содержание ^{137}Cs в готовых изделиях влияет количество удаленной влаги, которое определяется величиной выхода готовой продукции к массе несоленого сырья.

Таблица 10.8. Относительное содержание Cs-137 в промежуточных и конечных продуктах при производстве колбасных изделий

Вид изделия	Процент содержания говядины	Процент от начальной активности сырья		Коэффициент удержания F_r	
		Фарш, готовый к заполнению оболочек	Конечный продукт	Мясо-продукт	Фарш-продукт
Колбаса вареная	35	30,3±3,2	34,1 ±4,4	0,34	0,49
Колбаса вареная	98	55,5±3,9	76,6±6,0	0,77	1,38
Колбаса полукопченая	30	32,5±3,1	49,2±5,3	0,49	1,52
Колбаса полукопченая	97	53,9±4,9	82,9±8,5	0,83	1,54
Сосиски	45	31,7±3,7	35,9±5,2	0,36	1,13
Сосиски	97	56,6±3,2	70,7±5,0	0,71	1,25
Ветчина	95	85,3±12,0	109,2±6,5	1,09	1,28

Чем выше величина выхода и чем больше мясо, загрязненное Cs-137, разбавлено

вносимыми компонентами, тем ниже удельная активность этих изделий. Более полно отражает картину перехода радионуклидов из исходного сырья в изделие отношение коэффициента удержания (F_r) к эффективному выходу продукта (P_e), выраженному в долях единицы (относительно массы исходного сырья). В этом случае учитывается содержание общей влаги в конечном продукте, которое зависит от режима термической обработки и изменения общей массы производимого продукта за счет разбавления другими компонентами. Например, если P_e продукта равен 0,82, это означает, что из 1 кг исходного сырья можно получить лишь 0,82 кг готового продукта (колбасы). При значении F_r для этого продукта, равном 0,83, отношение F_r/P_e будет 1,01. Оно показывает, что при производстве 1 кг изделия концентрация в нем радионуклида практически не изменится по сравнению с удельной активностью исходного сырья. В табл. 10.9 приведены результаты этих расчетов.

Таблица 10.9. Значение эффективного выхода продукта и отношение коэффициента удержания (F_r) к эффективному выходу продукта (P_e)

Наименование	Эффективный выход продукта P_e	Отношение F_r/P_e (мясо-продукт)	Отношение F_r/P_e (фарш-продукт)
Колбаса вареная	1,00	0,34	1,13
Колбаса вареная говяжья	1,10	0,70	1,25
Колбаса полукопченая	0,80	0,62	1,90
Колбаса полукопченая говяжья	0,82	1,01	1,87
Сосиски	1,12	0,32	1,01
Сосиски говяжьи	1,12	0,63	1,12
Ветчина говяжья	0,96	1,14	1,33

В общем случае при значениях F_r/P_e меньше единицы наблюдается снижение содержания радионуклида в единице массы готового продукта при затрате такой же массы сырья на его производство. В случае, когда F_r/P_e больше единицы, наблюдается концентрирование. Большой способностью концентрировать цезий-137 на технологической стадии «фарш-продукт» обладают полукопченые колбасы.

Таким образом, основным путем снижения содержания ^{137}Cs при технологической переработке говядины в колбасные изделия является простое разбавление загрязненного мяса компонентами, содержащими меньшее количество радионуклида, например, свининой, соевыми компонентами. Влияние собственно технологических операций, таких, как термическая обработка, охлаждение и сушка, оказывают меньшее влияние на уменьшение концентрации радионуклида. При этом может наблюдаться обратное: потеря влаги при сушке ведет к некоторому концентрированию радионуклида в готовой продукции, что особенно заметно при изготовлении полукопченых колбасных изделий и ветчин.

Переработка загрязненного мяса в домашних условиях осуществляется при помощи промывки в проточной воде, вымачивании в соленом растворе, варке, приготовлении жаркого, бефстроганов и засолке.

Установлено, что радионуклиды вымываются водным раствором поваренной соли, в который можно добавить немного уксуса или аскорбиновой кислоты. В этом случае из очищаемого мяса белки не будут теряться, а цезий-137 из него быстрее перейдет в раствор. Стронций-90 образует с кислотами гидроокислы, которые нерастворимы в воде и выпадают в осадок, поэтому периодически раствор заменяют. Вымачивание мяса в растворе поваренной соли на протяжении 6–12 ч снижает в нем концентрацию радионуклидов в два и более раз. Способ извлечения цезия-137 из мяса при вымачивании в соляном растворе основан на том, что натрий вытесняет цезий из мяса в раствор.

При помощи варки можно снизить содержание радионуклидов в мясе, предварительно промытом в проточной воде и вымоченном в соляном растворе, при этом

обязательным приемом является удаление отвара (бульона) после 8–10-минутного кипячения.

Во время варки мяса после его кипячения в течение 20 мин в бульон переходит 50–80% цезия-137, который удаляют, а мясо заливают чистой водой и варят до готовности. Удаление стронция-90 из костей методом варки менее эффективно (0,009–0,18%), так как он, как и кальций, включается в структурные ткани скелета.

Для приготовления жаркого мясо нарезают на куски и заливают водным раствором поваренной соли: на 1 литр воды 40 г соли (две столовые ложки без верха) и 1–1,5 мл 70%-ной уксусной эссенции. Вымачивание осуществляется в эмалированной или стеклянной посуде. Соотношение массы мяса и объема раствора должно быть 1:2, т.е. на 1 кг мяса берется 2 л раствора. Мясо три раза заливают новым раствором, причем для ускорения выведения радионуклидов из мяса раствор периодически взбалтывают. Через 6–12 ч в мясо добавляют специи и готовят для употребления.

При приготовлении бефстроганов мясо нарезают более мелкими кусками, раствор заменяется 2–3 раза через каждые 3 ч, поэтому процесс выведения ускоряется. Через 6–9 ч мясо готово для употребления.

В домашних условиях часто используется приготовление солонины для длительного хранения путем засолки мяса в рассоле. При этом способе переработки уже за один месяц до 30% радионуклидов переходит в рассол. Выведение цезия из солонины, нарезанной по 20–30 г, осуществляется при вымачивании ее в холодной воде при температуре 4–5°C, которая заменяется на чистую через 3 ч. Обычно проводится трехкратное вымачивание, однако при избытке соли в солонине вымачивание проводят 4–5 раз. Очищенная таким способом солонина используется для кулинарной обработки и приготовления колбас.

Материалы и оборудование: гамма-радиометр РКГ-АТ1320 (РКГ-01), 2 кг говядины, нож, емкости для вымачивания и отваривания мяса, поваренная соль, весы лабораторные.

Выполнение работы

1. Подготовьте радиометр к работе.
2. Мясо порежьте на куски размером 2,5x2,5x3 см.
3. Определите содержание цезия-137 в пробе мяса (0,5 кг).
4. Приготовьте 1,5–2 л 0,85%-ного раствора поваренной соли (NaCl). Для этого 8,5 г соли (около двух чайных ложек без горки) растворите в 1 л воды.
5. Залейте приготовленным раствором 0,5 кг мяса, перемешайте, выдержите 30 мин.
6. Мясо отделите от солевого раствора и определите в нем содержание цезия-137.
7. После этого мясо залейте свежим раствором NaCl и повторите действия, указанные в пунктах 5 и 6.
8. 1 кг нарезанного мяса залейте 3–5 л воды, проварите 10–20 мин. Бульон слейте, определите содержание цезия-137 в мясе.
9. Полученные результаты занесите в отчет по работе (табл.10.10).

Таблица 10.10. Эффективность методов переработки мяса

№ п.п.	Способ переработки	Содержание цезия-137, Бк/кг	Предельно допустимое содержание цезия-137, Бк/кг	Коэффициент очистки $K_{оч}$
1	Мясо-сырье			
2	Мясо, вымоченное в 0,85%-ном растворе поваренной соли: 1-я обработка (30 мин) 2-я обработка (30 мин)			
3	Мясо отварное			

9. Рассчитайте кратность очистки мяса для каждого способа и сделайте выводы об

эффективности предложенных способов переработки мяса.

Задание 10.6. Влияние времени вымачивания и вида экстрагента на удаление цезия-137 из мяса-сырья

1. Используя данные, приведенные в табл. 10.11, рассчитайте остаточное содержание цезия-137 (в %) в мясе после суточного вымачивания в различных экстрагентах.

Таблица 10.11. Влияние времени вымачивания и вида экстрагентов на удаление цезия-137 из мяса-сырья

№ п.п.	Экстрагент	Удельная активность мяса, Бк/кг					Остаток цезия-137 в мясе, %	Коэффициент очистки $K_{оч}$	
		Мясо-сырье	Время вымачивания, ч						
			3	6	9	12			24
1		2	3	4	5	6	7	8	9
1	Водопроводная вода	2700	1004	781	363	140	84		
2	4%-ный раствор NaCl	2700	1228	782	223	167	56		
3	1%-ный раствор CH_3COOH	2700	1304	725	223	167	28		
4	4%-ный раствор NaCl + 1%-ный раствор CH_3COOH	2700	1256	753	279	167	54		

2. Рассчитайте кратность очистки мяса после суточного вымачивания.
3. Сделайте вывод, какой экстрагент является наиболее эффективным.
4. Определите, за какое время из мяса удаляется максимальное количество цезия-137.

Контрольные вопросы

1. Назовите основные пути поступления радионуклидов в организм животных и продукцию животноводства.
2. Какие приемы, направленные на снижение содержания радионуклидов в продукции животноводства, вы знаете?
3. Какие факторы влияют на переход радионуклидов из кормов в молоко и мясо?
4. Какой радионуклид (цезий-137 или стронций-90) более интенсивно переходит из кормов в молоко и мясо? Как это объяснить?
5. Назовите основные методы переработки молока.
6. Что происходит с радионуклидами в процессе переработки молока на творог, сыр и масло?
7. Можно ли использовать метод кипячения для снижения содержания радионуклидов в молоке?
8. Какой процент цезия-137 и стронция-90 остается в сливках и сливочном масле при переработке молока?
9. В каком продукте переработки молока практически не содержится радионуклидов?
10. Почему коэффициент перехода стронция-90 из молока в творог кислый (0,7) значительно ниже, чем в сыр твердый (5,8)?
11. Во сколько раз содержание цезия-137 в сыре и масле может быть ниже, чем в

молоке-сырье?

12. Назовите допустимые уровни содержания цезия-137 и стронция-90 в молоко-сырье при переработке его на творог и масло.

13. Какой процент радионуклидов удаляется из рациона питания человека при переработке молока в домашних условиях?

14. Какие дополнительные методы очистки молока от стронция-90 вы знаете?

15. Назовите особенность распределения радионуклидов в организме животных.

16. Какие радионуклиды накапливаются в мышечной и костной ткани?

17. Какой радионуклид связывается в организме с белками?

18. Назовите основные методы снижения содержания радиоцезия в масле.

19. Какой процент цезия-137 удаляется из мяса при варке?

20. Как готовят мясо, содержащее цезий-137, для засолки?

21. В каких растворах вымачивают мясо, содержащее радионуклиды?

22. Что показывает коэффициент удержания активности в продукте переработки?

23. От чего зависит величина коэффициента удержания при переработке мяса на колбасные изделия?

24. Какие процессы при переработке мяса на колбасы способствуют увеличению концентрации цезия-137 в них?

25. Какие компоненты вводят в колбасы для снижения удельной активности в них?

26. В чем заключается метод разбавления мясных изделий?

27. Как осуществляется переработка мяса в домашних условиях?

28. В чем суть метода вымачивания мяса в соленом растворе?

29. Расскажите технологию засолки мяса при приготовлении солонины.

Задание 10.7. Дезактивация продукции лесоводства

В Республике Беларусь радиоактивное загрязнение отмечается в 50 из 88 лесхозов, степень загрязнения территории которых неодинакова. К настоящему времени обследованы все лесхозы и на основе этого произведено зонирование загрязненных территорий, на которых регламентирована лесохозяйственная деятельность и осуществляется радиационный мониторинг лесов и радиационный контроль продукции лесхозов. Основанием для отнесения земель лесного фонда к той или иной зоне является плотность загрязнения почв цезием-137, установленная на основании поквартального радиационного обследования лесов. При зонировании территорий лесного фонда выделяются четыре зоны радиоактивного загрязнения лесов – I – IV, а в пределах зоны I – подзоны 1А и 1Б в целях более детальной регламентации лесохозяйственной деятельности.

К основной продукции леса, используемой человеком для употребления в пищу, относят грибы и ягоды (дары леса), а также мясо диких животных и птицы. Содержание радионуклидов в ней чаще всего значительно выше, чем в продуктах растениеводства и животноводства, производимых на той же территории.

Грибы могут накапливать цезий-137 на 1–2 порядка больше, чем его концентрация в почве, и в десятки раз больше, чем растения, с которыми они находятся в симбиозе. Из минеральных элементов в плодовом теле грибов больше всего содержится калия (до 50%), который является химическим аналогом цезия, поэтому грибы при обычно высоком дефиците калия в лесных почвах интенсивно начинают накапливать цезий. При этом следует отметить, что цезий накапливается грибами интенсивнее, чем калий.

На накопление цезия-137 в грибах оказывают влияние почвенно-экологические условия лесного ценоза, плотность загрязнения почвы, видовые особенности, связанные с распределением мицелия в почвенном профиле. Межвидовые различия у грибов по его накоплению достигают 10 раз, внутривидовые – 4–5 раз. Минимальное накопление цезия-137 наблюдается у грибов, относящихся к почвенным сапрофитам и ксилофитам-

паразитам, а максимальное накопление – у грибов, принадлежащих к группе микоризообразователей, которые имеют разную глубину расположения мицелия (от верхних слоев подстилки до глубины 50–60 см в минеральной почве). Микориза гриба формируется в микроразонах всасывающих корней симбиотических древесных растений, где повышена растворимость всех минеральных соединений и радионуклидов. Мелкие корни деревьев, через которые осуществляется всасывание, расположены в подстилке и верхнем 1–5-сантиметровом слое почвы, где сосредоточено до 90–95% цезия-137. В настоящее время условно грибы по накоплению цезия-137 в плодовых телах разделяются на четыре группы:

1) аккумуляторы цезия-137 – польский гриб, горькуша, краснушка, моховик желто-бурый, рыжик, масленок осенний, козляк, колпак кольчатый. В плодовых телах этих грибов уже при загрязнении почв, близком к фоновым значениям (3,7–7,4 кБк/м² или 0,1–0,2 Ки/км²), содержание радионуклидов может превышать допустимые уровни;

2) сильнонакапливающие радионуклиды – подгруздок черный, лисичка желтая, волнушка розовая, груздь черный, зеленка;

3) средненакапливающие радионуклиды – опенок осенний, белый гриб, подосиновик, подберезовик, сыроежка обыкновенная;

4) слабонакапливающие радионуклиды: строчок обыкновенный, рядовка фиолетовая, шампиньон, дождевик шиповатый, сыроежка цельная и сыроежка буреющая, зонтик пестрый, опенок зимний, вешенка.

Сбор грибов, относящихся к 1-й и 2-й группе, допускается при плотности загрязнения почвы до 37 кБк/м² (1 Ки/км²). Сбор грибов, относящихся к 3-й и 4-й группе, допускается при плотности загрязнения почвы до 74 кБк/м² (2 Ки/км²). Однако если плотность загрязнения почвы достигает 37–74 кБк/м², то использовать эти грибы в пищу можно только после радиационного контроля.

На накопление цезия-137 грибами влияют режим увлажнения леса (на гидроморфных почвах коэффициенты накопления в 4 раза выше) и его содержание в почве (прямая зависимость).

Установлено, что в шляпках грибов накапливается в 1,5–3 раза больше цезия-137, чем в ножках. В молодых грибах содержание его выше, чем в старых, однако эта закономерность выявлена не для всех видов грибов.

Аналогично виды грибов распределяются по четырем группам и по накоплению стронция-90, однако коэффициенты перехода стронция-90 в плодовое тело грибов более чем в 100 раз ниже, чем цезия-137. Например, при одинаковой плотности загрязнения почвы у белого гриба коэффициент перехода цезия-137 составляет 3,64, а стронция-90 – всего 0,04.

Суточный рацион потребления грибов невелик, однако из-за высокого содержания радионуклидов в этой продукции вклад в формирование дозы внутреннего облучения может быть очень значителен. В ряде случаев, когда населенный пункт расположен вблизи леса, вклад грибов в формирование дозы внутреннего облучения человека может составлять до 65%.

Рекомендации по сбору грибов для населения можно получить в лесхозах, лесничествах и в районных центрах гигиены и эпидемиологии. В газетах периодически публикуются специальные «грибные карты».

Согласно Правилам ведения лесного хозяйства в зонах радиоактивного загрязнения сбор грибов, ягод и заготовка лекарственного сырья ведется в лесах при плотности загрязнения почв цезием-137 до 74 кБк/м² (2 Ки/км²).

Загрязнение лесных грибов может быть поверхностным, когда радионуклиды находятся на поверхности плодовых тел, и структурным, когда они входят в структуру тканей, формирующих плодовые тела.

Для снижения содержания радионуклидов в грибах, предназначенных для употребления в пищу, используют несложные способы переработки. Перед приготовлением грибы тщательно очищают от почвенных частиц и пыли, растительного

опада, травянистой растительности и мха, а также у отдельных видов грибов снимают кожицу со шляпок, промывают в холодной воде, режут на кусочки, укладывают в эмалированную посуду, заливают раствором поваренной соли: 30 г соли на 1 л воды. При кипячении в подсоленную воду следует добавить немного столового уксуса или лимонной кислоты, чтобы в первый отвар из тела гриба вышло побольше радионуклидов. Соотношение массы грибов и объема воды должно составлять 1:1 (т.е. на 1 кг грибов берется 1 л раствора). Грибы доводят до кипения, кипятят 10 мин, после чего раствор сливают. Затем грибы еще раз промывают в холодной воде, заливают свежим раствором и кипятят еще 20 мин. Затем раствор снова сливают, заменяют новым раствором и грибы кипятят еще 30 мин. Общее время кипячения должно составлять не менее 60 мин. Этот режим переработки снижает концентрацию радионуклидов в грибах в 100 и более раз. После такой обработки грибы можно жарить, солить, мариновать со специями.

При засолке грибов часть радионуклидов переходит в рассол, поэтому перед употреблением соленых грибов в пищу их обязательно следует промыть. При мариновании грибы отваривают 2 раза, отвары сливают, а затем заливают грибы кипящим маринадом. Допускается отваривание грибов по 15 мин с периодической сменой отвара в течение 1 часа. При отваривании сыроежек, зеленков, рядовок и волнушек в течение 30 мин концентрация цезия-137 снижается в 2–10 раз. Для снижения содержания цезия в 2–10 раз у трубчатых грибов (подберезовик, подосиновик, боровик) их необходимо отваривать 45–60 минут. Сушеные грибы также (дважды или трижды) отваривают и используют по назначению.

Лесные ягоды по способности накапливать цезий-137 разделяются на три группы:

- 1) сильнонакапливающие – клюква, брусника, черника, голубика;
- 2) средненакапливающие – земляника, малина, ежевика;
- 3) слабонакапливающие – рябина, калина.

Собранные ягоды перед употреблением необходимо обязательно очистить от компонентов лесной подстилки, растительных остатков, мха, почвы и несколько раз промыть в проточной воде. В процессе очистки и мойки ягод концентрация цезия-137 в них снижается в 1,5–2 раза. При последующей переработке ягод – изготовлении варенья, джемов, повидла, конфитюров – происходит дальнейшее снижение удельной активности цезия-137 за счет разбавления сырья другими компонентами (водой, сахаром, желатином, пектином и т.д.). Ягоды также перерабатывают на компоты, соки, сиропы, морсы.

В охотничьих угодьях с плотностью загрязнения почвы до 185 кБк/м^2 (5 Ки/км^2) разрешается ведение охоты с выборочным радиационным контролем. Охоту разрешается проводить в лесных угодьях с плотностью загрязнения почвы цезием-137 до 555 кБк/м^2 (15 Ки/км^2). Вся продукция охотничьего промысла (мясо, пушнина, трофеи) подлежит обязательному радиационному контролю.

Виды диких животных по-разному накапливают радионуклиды в организме. По степени убывания концентрации радионуклидов в организме дикие животные распределяются в следующем порядке: волк < лиса < кабан < косуля < заяц < лось. Содержание радионуклидов в организме кабана и косули значительно выше, чем в организме зайца и лося. Это связано с биологическими особенностями животных и разным рационом их питания. В мясе кабанов и косули в возрасте от двух лет и старше содержится меньше цезия-137, чем в мясе молодых животных. В мясе лося, наоборот, концентрация радионуклидов у молодых особей значительно меньше. Во внутренних органах распределение радионуклидов также неравномерно. Установлено, что в сердце, печени и легких концентрация также выше, чем в мясе.

Мясо диких птиц (из-за их миграции на большие расстояния) необходимо проверять на содержание радионуклидов даже при отстреле их на территории с плотностью загрязнения почв цезием-137 до 37 кБк/м^2 (1 Ки/км^2). На территории с плотностью загрязнения почв цезием-137 555 кБк/м^2 (15 Ки/км^2) и более охота и вывоз охотничьих трофеев запрещены.

Материалы и оборудование: гамма-радиометр РКГ-АТ1320 (РКГ-01), емкости для промывания и отваривания грибов, нож, дуршлаг, весы лабораторные, грибы (свежие или

сушеные), представленные одним видом или смесью видов; 3 л солевого раствора (30 г поваренной соли на 1 л воды).

Выполнение работы

1. Подготовьте радиометр к работе.
2. Определите содержание цезия-137 в неочищенных грибах и результат определения запишите в отчет (табл. 10.12).
3. Грибы очистите от всех видов загрязнений, промойте в проточной воде, уберите лишнюю влагу, отбросив грибы на сито, определите содержание Cs-137.
4. Проведите трехкратное отваривание грибов в емкости с солевым раствором:
 - первое отваривание (1-я обработка) сделайте в течение 10 мин, после чего отвар слейте, удалите лишнюю влагу, определите содержание Cs-137 в грибах;
 - при 2-й обработке грибы промойте, залейте повторно солевым раствором и отварите в течение 20 мин, слейте воду, удалите влагу и определите содержание Cs-137;
 - при 3-й обработке грибы кипятите 30 мин, промойте, удалите влагу и определите содержание Cs-137.

Таблица 10.12. Эффективность дезактивации грибов

№ п.п.	Вид продукции, способ дезактивации	Содержание Cs-137, Бк/кг	Коэффициент очистки $K_{оч}$
1	Грибы неочищенные		
2	Грибы, очищенные и промытые в воде		
3	Грибы, отваренные в соленом растворе: 1-я обработка (10 мин) 2-я обработка (20 мин) 3-я обработка (30 мин)		

5. Рассчитайте кратность очистки для каждого способа дезактивации.
6. Сделайте выводы об эффективности способов дезактивации грибов.

Контрольные вопросы

1. По какому критерию производится зонирование территории лесного фонда?
2. Почему в продуктах питания лесного происхождения высокое содержание радионуклидов?
3. Какие факторы оказывают влияние на накопление Cs-137 в грибах?
4. С чем связано высокое накопление цезия-137 грибами?
5. Во сколько раз виды грибов различаются по накоплению Cs-137?
6. Назовите виды грибов, обладающие минимальной и максимальной способностью накапливать Cs-137, как это можно объяснить?
7. На сколько групп по накоплению Cs-137 в настоящее время разделяются виды грибов?
8. Какие виды грибов входят в 1-ю и 2-ю группу?
9. При какой плотности загрязнения почвы допускается сбор грибов, относящихся к 1-й и 2-й группе?
10. Какие виды грибов входят в 3-ю и 4-ю группу?
11. При какой плотности загрязнения почвы допускается сбор грибов, относящихся к 3-й и 4-й группе?
12. Расскажите о влиянии почвенно-экологических условий на накопление Cs-137 грибами.
13. Какой радионуклид, Cs-137 или Sr-90, в больших количествах накапливают грибы и почему?
14. В каких населенных пунктах в рацион питания человека включается много грибов, ягод, а также мяса диких животных?
15. Где можно получить рекомендации по сбору грибов и ягод?

16. Назовите типы загрязнения грибов.
17. Какие способы, направленные на снижение содержания радионуклидов в грибах, вы знаете?
18. Какие способы дезактивации грибов наиболее эффективны и почему?
19. Какие результаты были получены при выполнении лабораторной работы?
20. При какой плотности загрязнения почв допускается сбор грибов и заготовка ягод в лесах?
21. Как лесные ягоды классифицируются по способности накапливать цезий-137?
22. Назовите основные приемы механической дезактивации ягод.
23. При каких технологических приемах и за счет чего снижается содержание цезия-137 в конечных продуктах переработки ягод?
24. При какой плотности загрязнения почв цезием-137 разрешается охота на диких животных в лесах?
25. В каком порядке распределяются дикие животные по концентрации цезия-137 в организме?
26. Как цезий-137 распределяется и накапливается в организме и органах диких животных?
27. При какой плотности загрязнения почв запрещен сбор ягод и охота на диких животных в лесах?