

1981
Министерство образования Республики Беларусь

Учреждение образования
«Гомельский государственный университет
имени Франциска Скорины»

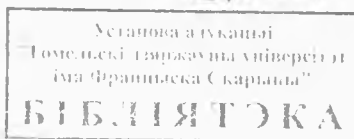
Т. В. Переволоцкая

**РАДИАЦИОННОЕ ЛЕСОВОДСТВО:
основы лесной радиоэкологии**

Практическое руководство

для студентов специальности 1–75 01 01
«Лесное хозяйство»

УК 91810001



Гомель
ІГУ ім. Ф. Скорины
2014

УДК 630*2:614.876
ББК 43+28.080.1я73
П27

Рецензенты:

кандидат сельскохозяйственных наук Н. И. Булко;
кандидат биологических наук Н. Г. Галиновский

Рекомендовано к изданию научно-методическим советом
учреждения образования «Гомельский государственный
университет имени Франциска Скорины»

Переволоцкая, Т. В.

П27

Радиационное лесоводство: основы лесной радиоэкологии :
практ. рук-во / Т. В. Переволоцкая ; М-во образования РБ,
Гом. гос. ун-т им. Ф. Скорины. – Гомель: ПГУ им. Ф. Скорины,
2014. – 48 с.

ISBN 978-985-439-925-6

Рассмотрены основные понятия об источниках ионизирующего излучения в биосфере, закономерностях поведения искусственных радионуклидов в лесных биогеоценозах, а также правилах ведения лесного хозяйства в условиях радиоактивного загрязнения.

Практическое руководство предназначено для студентов специальности 1-75 01 01 «Лесное хозяйство», изучающих курс «Радиационное лесоводство».

УДК 630*2:614.876
ББК 43+28.080.1я73

ISBN 978-985-439-925-6

© Переволоцкая Т. В., 2014
© УО «Гомельский государственный
университет им. Ф. Скорины», 2014

Содержание

Введение	4
Тема 1. Радиационное лесоводство как научная дисциплина и его связь с другими науками	5
Тема 2. Основные сведения о радиоактивном излучении	10
Тема 3. Защитные мероприятия в лесном хозяйстве на территории зон радиоактивного загрязнения	13
Тема 4. Поступление искусственных радионуклидов в лесные биогеоценозы	18
Тема 5. Основные закономерности накопления радионуклидов древесными растениями лесных биогеоценозов	22
Тема 6. Радиационные, временные и метеорологические факторы, определяющие накопление радионуклидов древесными растениями	26
Тема 7. Влияние лесоводственных и эдафических факторов на уровни накопления радионуклидов древесными растениями ...	29
Тема 8. Основные закономерности накопления радионуклидов в основных видах пищевой продукции леса	32
Тема 9. Закономерности накопления радионуклидов лесными животными	35
Тема 10. Оценка запасов радионуклидов в основных компонентах лесных биогеоценозов	38
Тема 11. Поступление радионуклидов в организм человека	41
Литература	46

Введение

Среди факторов техногенного воздействия на окружающую среду особое место занимает радиационный фактор, экологическая значимость которого постоянно возрастает в связи с расширяющимся использованием атомной энергии.

Вследствие аварии на Чернобыльской АЭС в 1986 г. радиоактивному загрязнению различной степени подверглась часть территории Республики Беларусь. Значительные масштабы радиоактивного загрязнения: примерно 20 % лесного фонда республики, 60 % – на территории Гомельского и 60 % – на территории Могилевского ПЛХО, потребовали изменения подходов к лесохозяйственной деятельности с учетом возможного получения радиоактивно загрязненной продукции и риска превышения допустимых уровней облучения работающих.

После распада короткоживущих изотопов и включения основных долгоживущих дозообразователей цезия-137 и стронция-90 в биологический круговорот радиационная обстановка в лесах изменяется крайне медленно, так как самоочищение происходит только за счет радиоактивного распада, продолжающегося многие десятилетия. В этот период леса прочно удерживают выпавшие радионуклиды, препятствуя выносу их за пределы загрязненных территорий, выполняя тем самым функцию защиты окружающих ландшафтов от вторичного радиоактивного загрязнения. В то же время загрязненный лесной фонд является источником радиационной опасности при его неконтролируемом использовании.

Поэтому подготовка специалистов лесного хозяйства в области лесной радиэкологии является важным этапом в обеспечении радиационной и экологической безопасности работников при пользовании лесным фондом.

Тема 1

Радиационное лесоводство как научная дисциплина и его связь с другими науками

- 1.1 Цели и задачи спецкурса «Радиационное лесоводство».
- 1.2 Радиационное зонирование лесов Республики Беларусь.
- 1.3 Масштабы загрязнения лесного фонда Республики Беларусь.
- 1.4 Радиобиологические эффекты в лесных биогеоценозах.

1.1 Цели и задачи спецкурса «Радиационное лесоводство»

Появление радиационного лесоводства, являющегося одним из направлений прикладной радиоэкологии, связано с крупномасштабным радиоактивным загрязнением лесов в результате аварий на НПО «Маяк» (1957 г.) и на Чернобыльской АЭС (1986 г.)

Радиоэкология возникла как составляющая часть радиобиологии (науки о воздействии ионизирующего излучения на живые объекты), которая изучает закономерности поступления и миграции между отдельными компонентами биогеоценозов естественных и искусственных радионуклидов.

Для развития радиобиологии и радиоэкологии отправной точкой явилась радиология – наука о радиоактивности. Именно радиология и стала основой для развития всех научных дисциплин в названии которых присутствует слово «радиационная».

В развитии радиоэкологии выделяют 4 этапа.

Первый этап становления и накопления начальных данных (с начала XX века до середины 40-х гг.). Основное внимание исследователей направлено на распределение в биосфере тяжелых естественных радионуклидов и на качественные оценки естественного радиационного фона.

Второй этап развития радиоэкологии (с конца 40-х по 60-е гг.) был связан с открытием в окружающей среде искусственных радионуклидов, источником поступления которых поначалу явились испытания ядерного оружия, а впоследствии – штатные и аварийные выбросы предприятий ядерного топливного цикла.

Третий этап развития радиоэкологии (с 60-х по конец 80-х гг.). Исследования ученых направлены на безопасное использование ядерной

энергетики и радиационных биотехнологий, минимизацию вредного воздействия на человека радиации (радиоактивные отходы, аварийные и штатные выбросы атомных электростанций), использование закрытых и открытых источников ионизирующего излучения в научных исследованиях, промышленности, медицине, сельском хозяйстве.

Четвертый этап в развитии радиоэкологии начался с 80-х гг и был связан с необходимостью быстрее восстановления полноценной жизнедеятельности в зоне аварии на Чернобыльской АЭС, изучению экологических проблем последствий аварии на природную среду.

Радиоактивное загрязнение изменило природные и потребительские свойства лесного фонда, нарушило сложившийся режим ведения лесного хозяйства и многоцелевое использование леса, вызвало большие изменения в системах лесопользования, лесовосстановления, охране лесов от пожаров, защите от вредителей и болезней, организации охраны труда и социальной сфере. Результаты радиоэкологических исследований на территории Восточно-Уральского радиоактивного следа и в чернобыльской зоне показали, что после распада короткоживущих изотопов и включения основных долгоживущих радионуклидов (^{137}Cs и ^{90}Sr) в биологический круговорот веществ радиационная обстановка в лесах изменяется крайне медленно, так как самоочищение лесов происходит только за счёт радиоактивного распада. Этот процесс происходит многие десятилетия, в течение которых лесной фонд будет представлять территорию радиационно-экологической опасности. Ускорить процесс самоочищения (дезактивации) в лесах инженерно-техническими методами не представляется возможным и экономически не целесообразным.

С учётом этих факторов в лесном хозяйстве на территории зон радиоактивного загрязнения в целях обеспечения радиационной и экологической безопасности разработана и применяется специальная система защитных мероприятий и способов ведения хозяйства. Эта система обеспечивает охрану здоровья, особенно работников леса, и экологически безопасное управление лесами.

Вопросы источников ионизирующего излучения в биосфере, закономерности поведения искусственных радионуклидов в лесных биогеоценозах, а также правила ведения лесного хозяйства в условиях радиоактивного загрязнения являются основными частями курса «Радиационное лесоводство».

1.2 Радиационное зонирование лесов Республики Беларусь

В начале 1990-х гг. было проведено первое подробное картирование лесов Государственного лесного фонда республики по величине загрязнения ^{137}Cs , основного долгоживущего радионуклида «чернобыльского» происхождения в спектре гамма-излучения на «дальнем» следе аварийных выпадений.

Согласно Закону Республики Беларусь «О правовом режиме территорий, подвергшихся радиоактивному загрязнению в результате аварии на Чернобыльской АЭС» (принят Палатой представителей 3 мая 2012 года, одобрен Советом Республики 8 мая 2012 года) выделяются зоны радиоактивного загрязнения:

- зона эвакуации (отчуждения) – территория вокруг Чернобыльской АЭС, с которой в 1986 г. в соответствии с существовавшими нормами радиационной безопасности было эвакуировано население;

- зона первоочередного отселения – территория с плотностью загрязнения почв ^{137}Cs более 40 Ки/км^2 либо ^{90}Sr или плутонием, соответственно, $3,0$; $0,1 \text{ Ки/км}^2$ и более;

- зона последующего отселения – территория с плотностью загрязнения почв ^{137}Cs $15\text{--}40 \text{ Ки/км}^2$ либо ^{90}Sr или плутонием, соответственно, $2\text{--}3$ и до $0,1 \text{ Ки/км}^2$;

- зона с правом на отселение – территория с плотностью загрязнения почв ^{137}Cs от 5 до 15 Ки/км^2 либо ^{90}Sr от $0,5$ до 2 Ки/км^2 или плутонием от $0,02$ до $0,05 \text{ Ки/км}^2$;

- зона проживания с периодическим радиационным контролем – территория с плотностью загрязнения почв ^{137}Cs от 1 до 5 Ки/км^2 либо ^{90}Sr до $0,5 \text{ Ки/км}^2$.

1.3 Масштабы загрязнения лесного фонда Республики Беларусь

Наиболее загрязненной в результате аварии на ЧАЭС (по состоянию на 2009 г.) оказались леса Гомельской области, в которых плотность загрязнения почвы ^{137}Cs свыше 1 Ки/км^2 составляет $55,1 \%$ ($987,1$ тыс. га) лесного фонда, из которых $4,7$ тыс. га имеют плотность загрязнения свыше 40 Ки/км^2 (IV зона), 107 тыс. га – $15\text{--}40 \text{ Ки/км}^2$ (III зона), $215,5$ тыс. га – $5\text{--}15 \text{ Ки/км}^2$ (II зона) и оставшиеся леса ($659,8$ тыс. га) имели плотность $1\text{--}5 \text{ Ки/км}^2$.

При этом важно отметить, что наряду с обследованными лесными кварталами не учтены леса Полесского государственного радиационно-экологического заповедника, территориально относящиеся к Гомельской области и имеющие преимущественно плотность загрязнения ^{137}Cs свыше 40 Ки/км^2 ($82,3 \text{ тыс. га}$).

В Могилевской области площадь лесов с плотностью загрязнения ^{137}Cs свыше 1 Ки/км^2 составляет $464,7 \text{ тыс. га}$ ($38,8 \%$ лесного фонда). В зоне с плотностью загрязнения почв радиоцезием свыше 40 Ки/км^2 находится $4,7 \text{ тыс. га}$ лесов. В зоне $15\text{--}40 \text{ Ки/км}^2$ – $54,4 \text{ тыс. га}$.

В Брестской области $10,5 \%$ лесного фонда загрязнено ^{137}Cs свыше 1 Ки/км^2 . Однако большая часть насаждений ($127,7 \text{ тыс. га}$) относится к I-й зоне радиоактивного загрязнения ($1\text{--}5 \text{ Ки/км}^2$) и только $3,5 \text{ тыс. га}$ ко II-й зоне ($5\text{--}15 \text{ Ки/км}^2$). Очаги радиоактивного загрязнения сосредоточены в основном в восточной части области, небольшие пятна имеются и в центральной части.

В Гродненской и Минской областях радиоактивное загрязнение лесов составляет около 5% площади лесного фонда, и почти вся территория относится к I-й зоне радиоактивного загрязнения ($1\text{--}5 \text{ Ки/км}^2$).

В целом же по республике преобладающая площадь загрязненных лесов (72%) имеет плотность загрязнения ^{137}Cs $1\text{--}5 \text{ Ки/км}^2$, 17% – от 5 до 15 Ки/км^2 , остальные – от 15 и выше.

1.4 Радиобиологические эффекты в лесных биогеоценозах

В первые недели после аварии, вследствие высокой эффективности задержания частиц радиоактивных выпадений кронами древесных растений, имели место большие дозовые нагрузки ионизирующего излучения на критические органы – апикальную меристему, хвою и формирующиеся листья.

По результатам исследований в лесных массивах 30-километровой зоны, проведенных в 1986 г., и полученным дозиметрическим данным в районе аварии были выделены пять зон радиационного поражения лесов по степени наблюдаемых радиоморфозов (радиационно-индуцируемых повреждений) сосны обыкновенной:

1. **Зона летального поражения** (полной гибели). Расчетная поглощенная доза по γ -излучению в хвое на 1 июня 1986 г. составляла $60\text{--}100 \text{ Гр}$, а в тканях апикальной меристемы – 25 Гр ; МЭД – 500 и более мР/ч на поверхности почвы.

2. *Зона сублетального (сильного) поражения.* Поглощенная доза – 10–60 Гр, МЭД – 200–500 мР/ч. Отмечалось продолжение роста отдельных побегов, полностью опали молодые репродуктивные почки. Задержка роста привела к возникновению толстых укороченных побегов с короткой и ступенчатой хвоей.

3. *Зона среднего поражения:* поглощенная доза 4–10 Гр, МЭД 20–200 мР/ч. В этой зоне в 1986 г. были отмечены подавление ростовых процессов, частичное опадение хвои на верхушечных побегах, повреждение репродуктивных почек.

4. *Зона слабого воздействия:* поглощенная доза 0,5–4,0 Гр, МЭД – менее 20 мР/ч. К ней относятся леса за пределами 30-километровой зоны ближнего пятна и все леса в дальней зоне. Каких-либо аномалий роста у сосны в ней не выявлено. На отдельных участках в 1986–1987 гг. было отмечено некоторое угнетение роста сосны, повышение на 10–12 % количества пустых семян, увеличение в мейозе в 2–2,5 раза против контроля числа хромосомных аномалий.

5. *Зона незаметного воздействия* – поглощенная доза 0,1–0,5 Гр. Визуальные повреждения не отмечались. В ряде случаев зафиксировано стимулирующее действие ионизирующей радиации на лесной фитоценоз. Все процессы жизнедеятельности находились в норме на протяжении всего периода облучения.

Контрольные вопросы

1. Какие этапы выделяют в развитии радиоэкологии?
2. Что определило появление радиационного лесоводства и какие оно призвано решать вопросы?
3. Какие зоны радиоактивного загрязнения лесов Республики Беларусь выделяют?
4. Какие зоны радиационного поражения хвойных лесов по степени наблюдаемых радиоморфозов выделяют?

Тема 2

Основные сведения о радиоактивном излучении

2.1 Единицы радиоактивности.

2.2 Дозовые единицы.

2.3 Естественный и техногенный радиационные фоны.

2.1 Единицы радиоактивности

Активность радионуклида – это количество его радиоактивных превращений за единицу времени. Часто применяется синоним – концентрация радионуклида. Чем больше превращений в единицу времени, тем активнее препарат.

Единицей измерения активности (в СИ) является беккерель (Бк, Вq); $1 \text{ Бк} = 1 \text{ расп./с}$. внесистемная единица активности – кюри (Ки) – активность радионуклида, в котором происходит $3,7 \times 10^{10}$ радиоактивных превращений за 1 с.

Применяются единицы **удельной активности** $A_{\text{уд}}$ – Бк/кг и Ки/кг и **объемной активности** $A_{\text{об}}$ – Бк/м³ и Ки/м³. Они выражают количество радионуклида в единице массы или объема вещества. Для оценки количества радионуклидов на единице площади пользуются величиной **поверхностной активности** $A_{\text{пов}}$ (или плотностью загрязнения), которая выражается в Бк/м², кБк/м², Ки/км² и отражает активность радионуклида на единице поверхности.

2.2 Дозовые единицы

Знание удельной и объемной активности радионуклидов и энергии их радиоактивных распадов позволяют оценить энергию излучения, передающуюся в окружающую среду и ее потенциальную опасность для биологических объектов. Для этого применяется понятие дозы.

Доза – это доля энергии радиоактивного излучения, которая тратится на ионизацию окружающей среды или биологического объекта. Применяется несколько дозовых показателей.

Экспозиционная доза – характеризует степень ионизации сухого воздуха при нормальных условиях. Наиболее часто применяется внесистемная единица – рентген (Р). Системной единицей экспозиционной дозы является Кл/кг.

Поглощенная доза ионизирующего излучения – величина, которая представляет собой отношение средней энергии, переданной ионизирующим излучением веществу в элементе объема, к массе вещества в этом объеме. Единица поглощенной дозы грей (Гр) – поглощенная доза, соответствующая передаче облучаемому веществу массой 1 кг энергии 1 Дж любого вида ионизирующего излучения. Внесистемная единица – рад, 1 рад = 0,01 Гр.

Доза, учитывающая биологическую эффективность излучения, называется **эквивалентной дозой** и равна поглощенной дозе, умноженной на соответствующий коэффициент качества. За системную единицу эквивалентной дозы облучения принят зиверт (Зв), внесистемную – бэр, 100 бэр = 1 Зв.

Для измерения дозовых показателей применяются специальные приборы – дозиметры. Обычно они отражают **мощность дозы** – приращение дозы ионизирующего излучения, отнесенное к единице времени, за которое это приращение произошло.

Мощность экспозиционной дозы (γ-фон) – это экспозиционная доза, создаваемая за единицу времени.

2.3 Естественный и техногенный радиационные фоны

К числу естественных источников ионизирующего излучения относится космическое излучение и излучение от естественных радионуклидов.

Космическое излучение состоит из γ-квантов, протонов, нейтронов, ядер легких химических элементов, прилетающих к планете из космоса. Основным их источником является Солнце. На уровне моря показатели мощности дозы от космической радиации составляют ~ 2,5 мкР/ч или 0,3 мЗв/год. На этот показатель определяющим образом влияет высота – на каждые 1000 м над уровнем моря доза космического излучения удваивается.

Естественные радионуклиды – это радиоактивные ядра химических элементов, встречающиеся в природе и не созданные в процессе технологической деятельности человека, которые находятся во всех основных природных средах (почва, вода, воздух и живые организмы), обеспечивая постоянный уровень ионизирующего излучения. Естественные радионуклиды делятся на 2 группы:

Радиоактивные элементы – ядра химических элементов, обладающие свойством радиоактивности и находящиеся в таблице элементов Менделеева от свинца до урана.

Радиоактивные изотопы стабильных элементов. К таковым относятся, в первую очередь ^{40}K (распространенность в смеси стабильных изотопов 0,0119 %, $T_{1/2} = 1,28 \times 10^9$ лет) и ^{87}Rb (распространенность 27,85 %, $T_{1/2} = 5 \times 10^{10}$ лет).

Суммарно от всех естественных источников ионизирующей радиации в нашей республике формируется эквивалентная доза от 1,5 до 2,5 мЗв в год. При этом внешнее облучение определено, в основном, космическим излучением (0,28 мЗв/год), а также β -излучением ^{40}K , радионуклидов семейств ^{238}U и ^{232}Th , соответственно, 0,12, 0,09 и 0,14 мЗв/год. Внутреннее облучение обусловлено, в основном, α -излучением ^{222}Rn – до 0,8 мЗв/год, радионуклидов семейств ^{238}U и ^{232}Th – по 0,3 мЗв/год и ^{40}K – 0,18 мЗв/год.

Техногенные источники радиоактивного излучения. В процессе технологической деятельности человека происходит повышение уровня облучения от искусственного увеличения концентрации естественных радионуклидов (строительство, применение минеральных удобрений, радиоактивных веществ в различных отраслях техники и т. д.) и от применения источников ионизирующего излучения (медицина, γ -дефектоскопия и др.).

Строительные материалы (бетон, кирпич и т. д.) могут содержать довольно значительное количество радионуклидов: до 1000 Бк/кг ^{40}K , до 90–130 Бк/кг ^{226}Ra , ^{232}Th и ^{238}U . Значительное количество радионуклидов естественного происхождения содержат минеральные удобрения: до 6000 Бк/кг ^{40}K (калийные); до 1000 Бк/кг ^{226}Ra , ^{232}Th и ^{238}U ; до 500 Бк/кг ^{210}Po и ^{210}Pb . Применение ионизирующих излучений при медицинских процедурах приводит к увеличению ежегодной эквивалентной дозы от 0,5 мЗв в год при флюорографии до десятков и даже сотен мЗв в год при других процедурах.

Контрольные вопросы

1. Что понимается под активностью радионуклида? Назовите единицы измерения радиоактивности.
2. Что относится к естественным источникам ионизирующего излучения?
3. Какие составляющие определяют техногенный радиационный фон?

Тема 3

Защитные мероприятия в лесном хозяйстве на территории зон радиоактивного загрязнения

3.1 Источники радиационной опасности в лесах, загрязнённых радионуклидами.

3.2 Контрмеры, применяемые в лесном хозяйстве.

3.3 Радиационный контроль в лесном хозяйстве.

3.1 Источники радиационной опасности в лесах, загрязнённых радионуклидами

Важную роль в перемещении радионуклидов под полог леса играют процессы биологической миграции: опадение листьев, хвои, мелких ветвей и других загрязнённых частей деревьев. В результате такой миграции в лиственных лесах уже через год после выпадения продуктов деления доля их в кронах снижается в несколько раз и, соответственно, возрастает загрязнение лесной подстилки и почвы. В хвойных лесах самоочищение крон происходит в 3–4 раза медленнее. По истечении этого наиболее опасного периода радиоактивные вещества перемещаются в лесную подстилку и почву, где прочно фиксируются.

С течением времени почва становится длительным, постоянно действующим источником поступления радионуклидов в продукцию лесного хозяйства за счет поступления радионуклидов в растения по корневому пути. Этот процесс становится главным в загрязнении древесины, а с растительностью радионуклиды попадают в корм животных и пищу человека.

Уровень опасности загрязнения лесных земель определяется не только количеством радионуклидов, но и составом смеси радионуклидов в почве, так как их физико-химические свойства являются основным фактором, определяющим поведение радионуклидов в почве, их биологическую активность в системе «почва–растение» а также способность к миграции по пищевым цепочкам.

Особую биологическую опасность представляют долгоживущие радионуклиды, в частности, ^{137}Cs и ^{90}Sr , являющиеся химическими

аналогами калия и кальция, и отличающиеся высокой биологической активностью и подвижностью.

Цезий-137, попадая на надземные части древесно-кустарниковой растительности, довольно быстро переходит в древесину, в то время как поступление стронция-90 внекорневым путем идет в десятки и сотни раз медленнее.

Обратная картина наблюдается при корневом поступлении: ^{90}Sr является наиболее подвижным радионуклидом и легко поступающим из почвы в древесные растения. В то же время ^{137}Cs сильнее сорбируется почвой и потому в относительно меньших количествах переходит в древесные растения. Эти радионуклиды характеризуются относительно высоким выходом при реакции деления, длительным (около 30 лет) периодом полураспада, высокими коэффициентами перехода в растения и интенсивным включением в биологические процессы.

Поэтому меры радиационной безопасности и особенности ведения лесного хозяйства на загрязненных территориях рассчитываются по этим радионуклидам в зависимости от их вклада в общую дозу облучения.

3.2 Контрмеры, применяемые в лесном хозяйстве

На загрязненных радионуклидами территориях мероприятия лесного хозяйства проводятся в соответствии со специальным регламентирующим документом – «Правилами ведения лесного хозяйства в зонах радиоактивного загрязнения: постановлением Министерства лесного хозяйства Республики Беларусь 10 апреля 2009 г.».

Согласно этим правилам ведение лесного хозяйства на загрязненной радионуклидами территории должно быть направлено на решение следующих задач:

- усиление экологической роли леса как биогеохимического барьера, препятствующего выносу радионуклидов за пределы загрязненной территории (для препятствия переноса радионуклидов на сопредельные территории);
- охрану лесов от пожаров в целях предотвращения их гибели и возможного вторичного радиоактивного загрязнения сопредельных территорий;
- экономически эффективное проведение лесохозяйственных мероприятий и непрерывное использование лесных ресурсов при условии

получения нормативно чистой продукции и соблюдения установленного предела годовой дозы облучения.

Для достижения поставленных задач вводится комплекс специальных защитных мер (контрмер), делящихся на 6 групп: организационно-технические, технологические, ограничительные, информационные, социально-экономические, предупредительные.

3.2.1 Технологические, ограничительные, предупредительные и информационные контрмеры

Технологические контрмеры. К ним относятся: проведение работ по специальным технологическим регламентам или специальным проектам, механизация и автоматизация производственных процессов, обеспечение радиационной безопасности работающих, меры по охране лесов от пожаров и другие. Эффективность технологических контрмер заключается в предотвращении дополнительных коллективной и индивидуальных доз облучения работников лесного хозяйства и населения, а также в сохранении биологической устойчивости насаждений и оздоровлении экологической обстановки на загрязненной территории.

Ограничительные контрмеры вводятся на разных стадиях радиационной аварии и носят как краткосрочный, так и долгосрочный характер. К ним относятся: регламентация ведения лесного хозяйства по зонам радиоактивного загрязнения, ограничение доступа населения в загрязненные лесные массивы, ограничение времени работы и другие. Они эффективны с точки зрения снижения доз облучения населения, не требуют больших дополнительных затрат, широко используются как в лесном хозяйстве, так и в других отраслях. В то же время введение ограничительных контрмер приводит к экономическим потерям. Это прямые потери от недополученной прибыли за счет сокращения объемов заготовки древесины по главному и промежуточному пользованию лесом и продукции побочного лесопользования.

Информационные контрмеры включают научные исследования, подготовку и повышение квалификации специалистов лесного хозяйства, постоянное информирование работников леса и населения о радиационной обстановке в лесном фонде. Эти контрмеры должны сопровождать ведение лесного хозяйства на всех стадиях радиационной аварии. Им свойственна высокая эффективность, оценить которую можно по предотвращенной дозе облучения.

Предупредительные контрмеры проводятся в лесном фонде вокруг радиационно-опасных объектов сопредельных государств в период их работы в штатном режиме на случай гипотетической аварийной ситуации.

Выбор защитных мер при проведении лесохозяйственных мероприятий в зонах радиоактивного загрязнения должен быть обоснован экономической, экологической, социальной, лесоводственной целесообразностью, а базироваться на основных принципах обеспечения радиационной безопасности: нормирования, обоснования и оптимизации.

3.4 Радиационный контроль в лесном хозяйстве

Радиационный контроль – получение информации о радиационной обстановке на объектах, в окружающей среде и об уровнях облучения людей.

Система радиационного контроля состоит из комплекса мероприятий, направленных на обеспечение радиационной безопасности работников лесного хозяйства, населения при посещении лесов и пользовании лесной продукцией, а также потребителей лесной продукции. Система радиационного контроля включает две подсистемы – радиационный контроль и радиационный мониторинг.

Общее руководство системой радиационного контроля в отрасли осуществляет заместитель Министра лесного хозяйства Республики Беларусь. Руководство службой радиационного контроля в отрасли выполняется специальной службой – Государственным учреждением радиационного контроля и радиационной безопасности «Беллесрад».

Основными задачами службы являются:

- обеспечение радиационной безопасности работников лесного хозяйства, населения при посещении лесов и пользовании лесной продукцией и потребителей лесной продукции;

- проведение радиационного контроля и мониторинга в лесах, радиационный контроль лесной продукции на всех этапах ее производства и реализации.

Общими функциями службы радиационного контроля являются:

- проведение радиационного контроля земель государственного лесного фонда;

- осуществление радиационного контроля лесной продукции на всех этапах ее производства и реализации;

- контроль соблюдения требований радиационной безопасности при проведении работ в лесу и на объектах лесного хозяйства;

– методическое руководство службами радиационного контроля министерств и ведомств, осуществляющими контроль лесных угодий и лесной продукции;

– оценка радиационной обстановки на рабочих местах;

– организация контроля доз облучения работников лесного хозяйства;

– оповещение населения о радиационной обстановке в лесах, возможности использования лесной продукции и оформление соответствующей наглядной информации.

Для исключения возможности переоблучения персонала при работе на загрязненной территории вводится ограничение времени работы на ней, которое обеспечивается соблюдением предельно допустимой продолжительности работы.

Предельно допустимая продолжительность работы – это продолжительность работы (в часах за год), в течение которой среднегодовая эффективная доза внешнего облучения не превысит значения 1 мЗв .

Для снижения дозы облучения до возможно более низкого уровня должны использоваться следующие меры и средства для:

– ограничения продолжительности работы: установление предельно допустимой продолжительности работы, использование технологических операций, требующих минимальных затрат времени;

– снижения дозы внешнего облучения: машины и транспортные средства, обладающие наибольшим экранирующим эффектом;

– ограничения поступления радионуклидов внутрь организма ингаляционным путем: средства защиты органов дыхания, герметизация кабин машин и транспортных средств, технологические операции с минимальным пылеобразованием;

– уменьшения загрязнения радионуклидами кожного покрова: комплект специальной защитной одежды в соответствии с действующими правилами и рекомендациями.

Контрольные вопросы

1. Что является источником радиационной опасности в лесах?
2. На выполнение каких основных задач направлены контрмеры, применяемые в лесном хозяйстве?
3. Для чего необходим радиационный контроль в лесном хозяйстве?
4. Что такое предельно допустимая продолжительность работы?

Тема 4

Поступление искусственных радионуклидов в лесные биогеоценозы

4.1 Особенности осаждения радиоактивных выпадений в лесах.

4.2 Пространственная неоднородность радиоактивного загрязнения почв.

4.3 Закономерности поведения радионуклидов в лесных почвах.

4.4 Распределение радионуклидов в почвах различных типов экосистем.

4.1 Особенности осаждения радиоактивных выпадений в лесах

Крупные массивы леса, и даже отдельные деревья, могут фильтровать воздушные потоки и эффективно осаждают радиоактивные частицы вследствие большой поверхности надземной фитомассы на единице площади лесного насаждения: на каждый м^2 почвы во взрослом сосновом лесу приходится несколько м^2 поверхности веток, хвои, стволовой коры и т. д., распределенных до высоты в 20–25 метров. В зависимости от скорости ветра осаждение радионуклидов в лесу может быть в 6–12 раз выше, чем у луговой растительности при равных метеорологических условиях, а истощение радиоактивного облака при движении над лесопокрытой территорией происходит в 3,7–5 раз быстрее, чем над открытым пространством, занятым травяной растительностью.

Сразу после аварии на Чернобыльской АЭС связь радиоактивных частиц с поверхностью растений была очень слабая, и под действием ветра, атмосферных осадков они быстро перемещались под полог леса. Наиболее интенсивно процессы дезактивации радионуклидов в растительном ярусе протекали на территориях, где выпали более крупные радиоактивные частицы (в 5–10-километровой зоне отчуждения), а также в лиственных ценозах. В хвойных экосистемах эти процессы протекали медленнее, так как продолжительность «жизни» хвои составляет три-четыре года. В результате этого основную экологическую роль в регулировании миграционных потоков радионуклидов в лесных экосистемах начинает играть почва.

4.2 Пространственная неоднородность радиоактивного загрязнения почв

Распространение воздушных масс, насыщенных радионуклидами на малых высотах, наличие в составе выпадений широкого спектра частиц от крупнодисперсных диаметром ~ 100 мкм до газовых и аэрозольных, а также погодные условия определили собой значительную пространственную неоднородность радиоактивных выпадений в результате аварии на Чернобыльской АЭС не только на больших территориях, но и локальных участках.

Неравномерность радиоактивного загрязнения отмечена в лесных кварталах и выделах как на площадях в десятки и сотни га, так и несколько м². Всем лесным кварталам, независимо от их принадлежности к той или иной области республики и зоне радиоактивного загрязнения, свойственен индивидуальный характер распределения поверхностной активности ¹³⁷Cs в почве. Неравномерное загрязнение лесных кварталов приводит к тому, что каждый из них принадлежит к 2-километровым, а то и к 3-километровым зонам радиоактивного загрязнения и имеет индивидуальный характер пространственного распределения поля радиоактивного загрязнения, связанный с особенностями радиоактивных выпадений над конкретным участком.

4.3 Закономерности поведения радионуклидов в лесных почвах

Лесные почвы и в настоящее время с момента аварии на Чернобыльской АЭС остаются мощным депо радионуклидов, причем, основная их масса (до 90 % ¹³⁷Cs и до 70 % ⁹⁰Sr от общей плотности загрязнения) содержится в лесной подстилке и верхнем (0–5 см) слое минеральной части почвы. Такое распределение определяет их потенциальную доступность к корневому поступлению в лесные растения, прежде всего, грибы и ягоды.

Процесс распределения и миграции радионуклидов в почвенном профиле лесных экосистем определяется следующими факторами:

– плотностью загрязнения почвы радионуклидами. Чем выше плотность загрязнения, тем больше концентрации радионуклидов в одних и тех же почвенных слоях и тем глубже их проникновение;

– условиями увлажнения почвы. При равной плотности загрязнения почв ^{137}Cs наблюдается повышение удельной активности в одних и те же почвенных слоях в ряду от автоморфных к гидроморфным почвам;

– физико-химическими свойствами радионуклидов. Подвижность радионуклидов в почвах определяется их свойствами (физическими – плотностью, температурами перехода в фазовые состояния и др., химическими – валентностью, растворимостью и т. д.).

В целом, следует отметить, что происходит снижение содержания радиоактивных веществ в поверхностных слоях и постепенное повышение – в более глубоких, хотя этот процесс, зависит от ряда вышеуказанных факторов.

4.4 Распределение радионуклидов в почвах различных типов экосистем

Распределение радионуклидов в почвах агробиогенезов определяется особенностями ведения хозяйства: регулярным внесением органических и минеральных удобрений, а также перемешиванием поверхностного слоя почвы при механической обработке. Основная масса радионуклидов в почвах агробиогенезов находится в пахотном слое и распределяется в нем равномерно. Зона аккумуляции радионуклидов начинается с глубины 25–30 см, глубже которой при вспашке не достает подошва плуга.

На целинных почвах распределение радионуклидов носит выраженный экспоненциальный характер – в поверхностном слое удельная активность радиоактивных веществ преобладает, а по мере заглубления – уменьшается.

В луговых биогенезах на дерново-подзолистых песчаных и супесчаных почвах с автоморфным режимом увлажнения до 90 % радионуклидов находится в поверхностном (0–5 см) слое. На дерново-подзолистых временно-избыточно увлажненных, торфянистых и глееватых почвах в этом же слое находится до 30 % радионуклидов.

Наименьшие концентрации радионуклидов в пойменных почвах наблюдаются, в основном, в прибрежной зоне пойм, что связано с выносом минеральных и радионуклидных веществ при повышенном промывном режиме и широком распространении песков, слабо закрепленных растительностью.

Контрольные вопросы

1. Какие факторы обуславливают особенности осаждения радиоактивных выпадений в лесах?
2. Что определило пространственную неоднородность радиоактивного загрязнения почв?
3. Какие факторы оказывают влияние на процесс распределения и миграции радионуклидов в почвенном профиле лесных экосистем?
4. В чем отличия лесных почв от почв различных типов экосистем?

РЕПОЗИТОРИЙ ГГУ ИМЕНИ Ф. СКОРИНЫ

Тема 5

Основные закономерности накопления радионуклидов древесными растениями лесных биогеоценозов

5.1 Основные этапы распределения радионуклидов в древесном ярусе.

5.2 Распределение радионуклидов между органами и тканями древесных растений.

5.3 Особенности распределения радионуклидов в древесине и коре по высоте и диаметру ствола.

5.4 Структура загрязнённости ^{137}Cs неокорённой древесины.

5.1 Основные этапы распределения радионуклидов в древесном ярусе

1 этап – поверхностное загрязнение растений радионуклидами.

Для древесных растений лесных биогеоценозов характерна сильная задерживающая способность по отношению к атмосферным выпадениям, поскольку их фитомасса распределена на десятки метров над поверхностью земли и является мощным природным фильтром.

Величина первичного задержания и скорость последующего удаления радионуклидов зависит от:

вида радиоактивных выпадений. Чем больше радионуклидов осаждается в составе крупнодисперсных частиц, тем меньше задержание растительностью и эффективнее происходит удаление радионуклидов с ее поверхности. В то же время радионуклиды в составе водорастворимых соединений способны проникать через кутикулярный слой и включаться в физиологические процессы;

– метеорологических факторов (ветер, осадки), действие которых приводит к более быстрому механическому удалению радиоактивных частиц с поверхности растений;

– морфологических особенностей строения растений. Быстрее удаляются радионуклиды с гладкой поверхности коры (например, береза, осина), нежели шероховатой (сосна). Высокая степень удерживания радионуклидов характерна для ассимилирующих органов на

ранних стадиях их развития из-за повышенной клейкости кутикулярного слоя;

– периода выпадений. Лиственные леса обладают наибольшей задерживающей способностью в весенне-летний период при максимальной степени развития ассимилирующих органов, во время листопада, и в необлиственном состоянии их способность задерживать радиоактивные вещества минимальна. Хвоя сосны способна удерживать основную часть радионуклидов до полного обновления, т. е. 2–3 года.

II этап – корневое поступление радионуклидов в лесные растения. Загрязнение растений радионуклидами в настоящее время происходит в результате установившегося их корневого поступления.

При поглощении корневыми системами растений воды и растворенных в ней радиоактивных веществ имеет место восходящее движение радионуклидов в сосудистой ткани к фотосинтезирующим органам. Скорость движения зависит от интенсивности транспирации. Образованные в результате фотосинтеза органические вещества, а вместе с ними и радионуклиды, перемещаются к активно растущим тканям. Поскольку к последним относятся и корневые системы растений, особенно физиологически активные сосущие корни, ответственные за минеральное питание, то происходит перемещение радионуклидов и к ним, а также частичное выделение в почву за счет корневых выделений. Таким образом происходит перераспределение радионуклидов в растении.

5.2 Распределение радионуклидов между органами и тканями древесных растений

Внутри отдельных органов и тканей древесных растений распределение радиоактивных веществ носит неравномерный характер, оно зависит от видовых различий, физиологических и морфологических особенностей строения исследуемых частей растения, а также свойств радионуклидов.

Для ^{137}Cs установлены выраженные межвидовые различия в накоплении радионуклидов в радиальном направлении ствола, проявляющиеся в снижении накопления ^{137}Cs от периферийных к наружным годичным кольцам у дуба и сосны, слабому повышению в том же направлении у ольхи, и четко выраженному – у осины и березы. С увеличением относительной высоты удельная активность радиоцезия повышается в годичных кольцах осины и березы.

Для ^{90}Sr практически для всех пород наблюдается равномерное распределение данного радионуклида в радиальном направлении ствола. Более высокие удельные активности отмечаются с ростом высоты среза у осины и березы. Кроме того, для этих пород выявлено превышение удельной активности ^{90}Sr в глубинных годичных кольцах по сравнению с внутренними.

5.3 Особенности распределения радионуклидов в древесине и коре по высоте и диаметру ствола

Для всех древесных пород отмечается устойчивый тренд повышения концентрации ^{137}Cs по мере увеличения высоты ствола древесных растений. Это связано с увеличением высоты спила доли физиологически активных тканей, имеющих более высокую удельную активность ^{137}Cs в общей структуре годичных колец. Особенно четко это проявляется у березы и осины. Концентрация ^{90}Sr повышается с высотой у всех пород, кроме дуба.

Распределение радионуклидов в коре ствола древесных растений определялось особенностями их строения и динамики радиоактивного загрязнения.

После радиоактивных выпадений в наибольшей степени были загрязнены наружные участки коры. Это было связано с аэральным характером ее загрязнения. В дальнейшем, по мере отшелушивания и опада чешуек коры уровень содержания радионуклидов в наружных частях уменьшался. По мере увеличения корневого поступления удельная активность радионуклидов во флоэме и внутренней коре существенно выросла, и в настоящее время они активнее наружных слоев.

5.4 Структура загрязнённости ^{137}Cs неокорённой древесины

Вклад древесины в общую массу неокоренного образца древесины ствола является определяющим и составляет 80–90 %, при доле-вом вкладе коры в массу неокоренного образца древесины менее 20 %. Однако именно коре свойственно значительно большее накопление радионуклидов по сравнению с окоренной древесиной:

наибольший вклад в загрязненность неокоренной древесины дает кора у березы: от 84 % у комля до 60 % на вершине.

Прямо противоположная ситуация отмечена для сосны. Загрязненность неокоренного образца определяет исключительно древесина, вклад которой повышается с ~ 60 % у комля до 70 % в вершинной части (соответственно снижение вклада коры).

По остальным древесным породам различия по высоте менее контрастны, а вклад коры и древесины по высоте у дуба и ели повторяет зависимость для сосны, у осины и ольхи – как для березы.

Контрольные вопросы

1. Какие основные этапы поступления радионуклидов в лесные растения?
2. От каких факторов зависит распределение радионуклидов между органами и тканями древесных растений?
3. Какие отмечаются особенности распределения радионуклидов в древесине и коре по высоте ствола древесных растений?
4. Какой элемент надземной фитомассы древесных растений вносит вклад в загрязненность неокоренной древесины ^{137}Cs ?

Тема 6

Радиационные, временные и метеорологические факторы, определяющие накопление радионуклидов древесными растениями

- 6.1 Физико-химические формы радиоактивных выпадений.
- 6.2 Плотность радиоактивного загрязнения почв.
- 6.3 Метеорологические условия.
- 6.4 Динамика радионуклидов в органах и тканях деревьев.

6.1 Физико-химические формы радиоактивных выпадений

Физико-химические свойства радионуклидов определяют их распределение внутри растения:

– радиоизотопы стронция накапливаются в надземной фитомассе, причем наиболее высокие их концентрации отмечаются в стареющих и малоактивных в физиологическом плане тканях. Максимальные концентрации данного радионуклида отмечаются в 2-летней хвое, несколько более низкие – в сучьях, побегах текущего года и коре, наименьшая удельная активность фиксируется в древесине ствола;

– радиоизотопы цезия распределяются в надземной и подземной частях растений практически одинаково. Основная закономерность состоит в более высоком накоплении этих радионуклидов в физиологически активных органах и тканях – ассимилирующих органах, побегах текущего года, тонких сосущих корнях, ответственных за минеральное питание. Кора, 2-летняя хвоя и сучья древесных растений имеют примерно одинаковую удельную активность, минимальное накопление характерно для древесины;

– радионуклиды церия, циркония, бария, плутония, америция, рутения накапливаются, в основном, в подземных элементах фитомассы.

6.2 Плотность радиоактивного загрязнения почв

Чем выше плотность загрязнения почвы радионуклидами, тем больше их концентрация в фитомассе растений одного и того же вида.

При исследованиях содержания радионуклидов в продукции лесного хозяйства была установлена возможность превышения РДУ/ЛХ-2001 («Республиканские допустимые уровни содержания цезия-137 в древесине, продукции из древесины и древесных материалов и прочей непищевой продукции лесного хозяйства») на содержание ^{137}Cs в древесине при плотностях загрязнения более 15 Ки/км^2 . Поэтому проведение рубок в III зоне радиоактивного загрязнения в соответствии с существующими «Правилами ведения лесного хозяйства в зонах радиоактивного загрязнения» (Постановление Министерства лесного хозяйства Республики Беларусь от 15.01.2001 № 1, документ обновлен в феврале 2010 года) ограничивается и проводится со специального разрешения Минлесхоза с обязательным обследованием лесосеки.

6.3 Метеорологические условия

В древесине сосны, ели, березы и осины отмечается уменьшение удельной активности ^{137}Cs от весны к осени. Наиболее низкие концентрации ^{137}Cs наблюдаются в июне–июле. Однако на данный процесс оказывают влияние температура воздуха и количество осадков, которые, в свою очередь, определяют начало и конец сокодвижения и ростовые процессы у древесных растений. По этой причине начало снижения удельной активности ^{137}Cs весной и повышение её осенью по годам не совпадают. Тем не менее, при заготовке древесины в летний период (июнь–июль) концентрация основного дозообразующего радионуклида – ^{137}Cs будет минимальной (на 15–25 % ниже среднегодовой).

Для удельной активности ^{90}Sr в древесине и коре характерны очень слабые изменения в течение вегетационного сезона – вариация составляет не более 10 % как в одну так и в другую сторону.

6.4 Динамика радионуклидов в органах и тканях деревьев

В многолетней динамике содержания радионуклидов в наземной фитомассе древесных растений выделяются три основных этапа:

– *начальный период* (первые 2–3 года после радиоактивных выпадений). Характеризовался наиболее высоким уровнем радиоактивного

загрязнения элементов фитомассы (кора, хвоя, листья). При этом в течение всего периода наблюдалось интенсивное уменьшение содержания радионуклидов в вышеотмеченных элементах фитомассы, обусловленное поверхностным очищением. Наиболее интенсивное уменьшение имело место в первый год после аварии в связи с удалением более крупнодисперсных, слабо удерживаемых частиц. Загрязнение древесины было минимальным;

- *период нарастания корневого поступления* (конец 80-х гг.). Характеризовался интенсивным увеличением содержания радионуклидов в элементах надземной фитомассы, являющихся индикаторами корневого поступления (хвоя, побеги). То же самое отмечалось и для древесины, поступление радионуклидов в которую происходило в основном по корневому пути;

- *период стабильного корневого поступлений* продолжается с середины 90-х гг. по сей день. Он характеризуется практически неизменными величинами коэффициентов перехода в элементы надземной фитомассы сосны.

Контрольные вопросы

1. Как распределяются внутри растения радионуклиды в зависимости от их физико-химических свойств?
2. Как оказывает влияние плотность загрязнения почвы радионуклидами на их концентрацию в фитомассе растений?
3. Какие метеорологические факторы могут оказывать влияние на содержание ^{137}Cs в древесине основных лесобразующих пород?
4. Какие этапы выделяют в многолетней динамике содержания радионуклидов в надземной фитомассе древесных растений?

Тема 7

Влияние лесоводственных и эдафических факторов на уровни накопления радионуклидов древесными растениями

- 7.1 Видовой состав насаждений.
- 7.2 Классы роста и развития деревьев.
- 7.3 Богатство почв, условия увлажнения.

7.1 Видовой состав насаждений

Биологические особенности отдельных растений, влияющие на уровень накопления радионуклидов, возможно выявить только при их произрастании в одном насаждении. Согласно данным по накоплению радионуклидов окоренной древесиной основных лесообразующих пород (вклад главной породы более 70 %), в соответствующих условиях произрастания установлено:

– коэффициент перехода ^{137}Cs у сосны по сравнению с березой выше в 2 раза. Накопление в дубе сопоставимо с березой, а ель чаще всего накапливает ^{137}Cs больше сосны, дуба и березы;

– обобщенный ряд по величине накопления ^{137}Cs имеет следующий вид: ель > сосна > осина > береза и дуб. Наибольший коэффициент перехода ^{137}Cs в древесину осины характерен для типа условий местопроизрастания Д2.

По накоплению ^{90}Sr древесиной на первом месте во всех типах условий местопроизрастания находятся береза бородавчатая и осина. Коэффициент пропорциональности радионуклида для древесины ели обычно занимает третье место и в 2–3 раза ниже. Наименьшее накопление свойственно сосне и дубу. Таким образом, обобщенный ряд по накоплению древесиной ^{90}Sr имеет следующий вид: береза и осина > ель > дуб и сосна.

При совместном произрастании ель и сосна накапливают в древесине несколько меньше ^{137}Cs по сравнению с чистыми сосновыми и еловыми насаждениями. В смешанных сосново-березовых насаждениях четких различий по накоплению радионуклида древесиной сосны не отмечено, по березе же более высокие уровни накопления ^{137}Cs

наблюдались в смешанном насаждении по сравнению с чистым. Для сосново-осиновых насаждений накопление радиоцезия древесиной осины примерно такое же, как в чисто осиновом, а древесина и кора сосны накапливают ^{137}Cs в 6 раз меньше по сравнению с чистым сосняком. В сосново-дубовом насаждении не выявлено различий в накоплении ^{137}Cs древесиной и корой сосны по сравнению с чистым сосновым. Отмечено снижение коэффициентов перехода ^{137}Cs в древесину сосны с увеличением вклада лиственных пород в состав насаждения. В березово-ольховом насаждении коэффициент накопления ^{137}Cs в древесину и кору ольхи и березы несколько выше относительно их чистых насаждений.

7.2 Классы роста и развития деревьев

Значительные различия в величине накопления радионуклидов в древесине одной и той же породы в одном и том же насаждении могут быть связаны не только с неравномерностью радиоактивного загрязнения почвы, но с положением деревьев в насаждении.

Деревья I–II классов роста и развития отличаются более мощной корневой системой, что отражается на величине поглощения питательных веществ ими из почвы, в т. ч. и радионуклидов. Кроме того, они находятся в лучшем световом режиме.

По мере уменьшения линейных размеров деревьев и попадания их в менее благоприятные условия произрастания накопление ^{137}Cs по сравнению с I классом роста и развития: во II классе уменьшилась в 1,6 раза, в III классе – в 3,0 раза, в IV–V классах – в 3,7–4,3 раза.

Поэтому при радиоэкологическом обследовании лесосек рекомендуется рубить деревья I класса роста и развития, как наиболее накапливающие радиоактивные вещества.

7.3 Богатство почв, условия увлажнения

Лесные насаждения в пределах одной и той же плотности загрязнения произрастают в различных эдафических (почвенно-грунтовых) условиях, способных оказать существенное влияние на накопление радионуклидов древесными растениями.

Установлено определяющее влияние типов условий местопроизрастания на накопление ^{137}Cs и ^{90}Sr древесиной основных лесообразующих

пород. Общими закономерностями для древесных пород (сосна, осина и береза) являются:

– снижение коэффициентов перехода обоих радионуклидов для древесины с возрастанием плодородия почвы от боровых к дубравным трофотопам при одинаковых условиях увлажнения;

– повышение коэффициента перехода ^{137}Cs для древесины при увеличении условий увлажнения от свежих к мокрым гигротопам в одинаковых условиях почвенного плодородия. Для ^{90}Sr влияние этого фактора проявляется прямо противоположным образом – при повышении влажности показатели накопления снижаются;

– проявляются региональные изменения в накоплении радионуклидов ^{137}Cs древесиной сосны и березы.

Контрольные вопросы

1. Как оказывает влияние видовой состав на накопление радионуклидов древесиной основных лесобразующих пород?
2. Деревья какого класса роста и развития рекомендуется рубить при радиозкологическом обследовании лесосек и почему?
3. Какие установлены закономерности накопления радионуклидов лесными насаждениями, произрастающих в различных эдафотопам?

Тема 8

Основные закономерности накопления радионуклидов в основных видах пищевой продукции леса

- 8.1 Особенности накопления радионуклидов съедобными грибами.
- 8.2 Особенности накопления радионуклидов лесными ягодами.
- 8.3 Особенности накопления радионуклидов берёзовым соком.

8.1 Особенности накопления радионуклидов съедобными грибами

Для грибов четко выражены межвидовые различия в накоплении ^{137}Cs , обусловленные принадлежностью к различным трофическим группам: максимальное накопление характерно для микоризообразователей, более низкие уровни накопления отмечаются, как правило, у ксилотрофов, далее следуют подстилочные сапротрофы, гумусовые сапротрофы.

Анализ средних многолетних значений коэффициента перехода ^{137}Cs в съедобные грибы позволяет ранжировать их по накопительной способности на четыре группы:

- слабонакапливающие: дождевик жемчужный, гриб-зонтик пестрый, опенок осенний (коэффициент перехода до $5 \text{ м}^2/\text{кг}$);
- средненакапливающие: подберезовик, подосиновик, рядовка серая, лисичка настоящая, белый гриб (коэффициент перехода от 5 до $20 \text{ м}^2/\text{кг}$);
- сильнонакапливающие: сыроежки всех видов, груздь черный, волнушка розовая, зеленка (коэффициент перехода от 20 до $50 \text{ м}^2/\text{кг}$);
- аккумуляторы радиоцезия: масленок поздний, свинушка тонкая, польский гриб (коэффициент перехода $> 50 \text{ м}^2/\text{кг}$).

Помимо принадлежности рассматриваемого вида к той или иной группе грибов по пищевой специализации, к числу факторов, определяющих накопление ^{137}Cs лесными грибами, относятся также: внутривидовые различия в накоплении радиоцезия; плотность загрязнения почвы ^{137}Cs , влияние типов условий местопроизрастания, возраст плодового тела.

8.2 Особенности накопления радионуклидов лесными ягодами

Лесным дикорастущим ягодам свойственно накопление ^{137}Cs и ^{90}Sr , однако, здесь очень сильно, как и у грибов, проявляются межвидовые различия.

Обобщенный ранжированный ряд по коэффициенту перехода радиоцезия имеет следующий вид: клюква (коэффициент перехода $0,013 \text{ м}^2/\text{кг}$) > брусника (коэффициент перехода $0,010 \text{ м}^2/\text{кг}$) > черника (коэффициент перехода $0,0065 \text{ м}^2/\text{кг}$) > земляника (коэффициент перехода $0,0038 \text{ м}^2/\text{кг}$) > малина (коэффициент перехода $\text{м}^2/\text{кг}$).

Кроме зонального фактора, на накопление ^{137}Cs существенно влияет и ряд других:

- плотность загрязнения почвы; установлена прямо пропорциональная зависимость между содержанием радиоцезия в лесных почвах и ягодах всех исследованных видов;

- гиротоп; при увеличении влажности коэффициент перехода ^{137}Cs в лесные ягоды существенно возрастает;

- трофотоп; при повышении плодородия почвы отмечается уменьшение накопления ^{137}Cs лесными ягодами;

- элемент рельефа; наиболее высокие коэффициенты перехода ^{137}Cs отмечаются в лесных ягодах у подножий холмов по сравнению с произрастающими на вершине холма;

- элемент фитомассы растений; в частности, у черники 31 % от общей активности ^{137}Cs сосредоточен в листьях, 26 % в стеблях и 25 % в ягодах, в то время как в корнях – только 18 % от имеющегося в растении;

- возраст растения.

Накопителем ^{90}Sr является земляника (коэффициент перехода $0,015 \text{ м}^2/\text{кг}$), несколько ниже накопление для малины (коэффициент перехода $0,00915 \text{ м}^2/\text{кг}$) и черники (коэффициент перехода $0,00091 \text{ м}^2/\text{кг}$).

Так же как и для ^{137}Cs , для ^{90}Sr установлена пропорциональная связь между плотностью загрязнения почвы и лесных ягод.

8.3 Особенности накопления радионуклидов берёзовым соком

Важным фактором, определяющим содержание радионуклидов в берёзовом соке, является срок отбора. При отборе сока с одних

и тех же деревьев к концу сокодвижения удельная активность ^{137}Cs увеличивается в 1,8 раза.

Вероятно, повышенное поступление радионуклида в более поздние сроки отбора сока может быть связано с различной степенью его корневого поглощения при различных температурных режимах почвы.

При этом следует отметить, что березовый сок достаточно слабо накапливает ^{137}Cs . Коэффициенты перехода данного радионуклида в березовый сок составляют $0,09 \times 10^{-3} \text{ м}^2/\text{кг}$ для почв с автоморфным режимом увлажнения и $0,258 \times 10^{-3} \text{ м}^2/\text{кг}$ – для полугидроморфных почв.

Существенно более высокий уровень накопления характерен для ^{90}Sr . Даже при относительно малой плотности загрязнения им почвы $0,21\text{--}0,55 \text{ Ки}/\text{км}^2$ объемная его активность в березовом соке достигает $16\text{--}20 \text{ Бк}/\text{л}$.

Причем наибольшие коэффициенты перехода ^{90}Sr в березовый сок характерны для полугидроморфных почв, несколько ниже накопление данного радионуклида березовым соком на автоморфных почвах.

На поступление радионуклидов в данный продукт побочного лесопользования существенно влияют условия увлажнения.

Контрольные вопросы

1. Какие факторы оказывают влияние на накопление ^{137}Cs лесными грибами?
2. Какие факторы оказывают влияние на накопление ^{137}Cs и ^{90}Sr лесными ягодами?
3. Какие факторы оказывают влияние на накопление ^{137}Cs и ^{90}Sr березовым соком?

Тема 9

Закономерности накопления радионуклидов лесными животными

9.1 Поступление радионуклидов с пищей в организм животных.

9.2 Однократное и хроническое поступление радионуклидов в организм животных.

9.3 Особенности накопления радионуклидов животными.

9.1 Поступление радионуклидов с пищей в организм животных

В организм животных радионуклиды могут поступать по следующим трем неравнозначным путям: через органы дыхания, желудочно-кишечный тракт и поверхность кожи.

Кожный путь поступления значим для высоких концентраций в воздухе хорошо растворимых, биологически активных радионуклидов – йода, фосфора, серы. В этом случае возможно сильное поступление радиоактивных веществ и через **органы дыхания**. При вдыхании газов, пыли и аэрозолей глубина проникновения радионуклидов пропорциональна их размерам и растворимости – чем мельче частицы и выше их растворимость, тем полнее они переходят в кровь.

В настоящее время основное поступление радионуклидов в организмы животных происходит через **желудочно-кишечный тракт**.

Динамика накопления радиоактивных веществ в организме животных определяется следующими закономерностями:

– плотностью загрязнения почвы радионуклидами. Чем выше данный показатель, тем выше содержание радионуклидов во всех компонентах пищевых цепочек;

– периодичностью поступления. Различают однократное и хроническое поступление радионуклидов в организм животных.

9.2 Однократное и хроническое поступление радионуклидов в организм животных

При одинаковых закономерностях всасывания радионуклидов желудочно-кишечным трактом для обоих случаев имеется ряд

особенностей в общем характере поступления-выведения радиоактивных веществ из организма и долговременной динамике их содержания.

При *однократном поступлении радионуклидов* сразу после приема пищи происходит очень резкое увеличение их содержания в организме и отдельных его органах и тканях, поскольку степень их усвоения из рациона может быть достаточно велика, например, радиоизотопы цезия и йода усваиваются из рациона на 70–100 %. В дальнейшем, если повторного поступления радионуклидов в организм не происходит, начинается постепенное выведение радиоактивных веществ.

Хроническое поступление радионуклидов характеризуется приблизительно одинаковым содержанием последних в суточном рационе. Особенностью данного процесса является первоначальное нарастание накопления радионуклида в организме, причем наиболее интенсивно оно в первые дни после начала поступления. Постепенно оно затухает и, наконец, наступает состояние равновесия между поступающим радионуклидом и выводимым.

9.3 Особенности накопления радионуклидов животными

Особенности накопления радионуклидов птицами. Для этой группы характерны сложные закономерности накопления радиоактивных веществ, что связано с разнообразной кормовой базой и миграцией в поисках пищи. Для оседлых видов (тетерев, глухарь, серая куропатка, рябчик, перепелка) уровень содержания в организме сильнее связан с загрязненностью прилегающих к гнезду территорий, чем у мигрирующих видов.

Существуют сезонные различия в содержании радионуклидов, обусловленные как сезонным фактором в развитии птиц, так и периодом вегетации у растений. Весной тетерева, питаясь березовыми почками, накапливают меньше ^{90}Sr , чем осенью при сборе корма с земли. Прослеживаются различные концентрации радионуклидов у птиц, которые населяют один биогеоценоз, но имеют различную пищевую специализацию. Так, у иволги, собирающей корм в кроне дерева, накопление радионуклидов ниже, чем у питающихся у земли и на стволах.

В большей степени птицы накапливают ^{90}Sr костной тканью, чем ^{137}Cs мышечной, что связано с большей биологической подвижностью последнего.

Для растительноядных птиц характерно более высокое накопление ^{90}Sr чем хищными, поскольку последними костная ткань в пищу не употребляется. Для ^{137}Cs отмечается обратная зависимость —

в мышечных тканях хищников находится большее количество радионуклида, чем у их жертв.

Особенности накопления радионуклидов дикими животными.

В одинаковых экологических условиях содержание ^{137}Cs в мясе растительноядных животных уменьшается в следующем порядке: кабан > заяц-русак > косуля > лось.

Эта закономерность является результатом действия многих факторов, среди которых следует отметить тип питания, ярус, с которого оно происходит, и интенсивность обмена веществ.

Для копытных со сложным желудком (лось и косуля) всасывание радионуклидов из пищи в желудочно-кишечном тракте выше, чем у кабана, имеющего простой желудок, что объясняется более тщательной переработкой пищи в желудочно-кишечном тракте у первых, а также существенным влиянием рубца на высвобождение радионуклидов из растительных тканей. Но более высокое содержание радионуклидов в организме кабана определяется пространственным разбросом кормовых делянок, а также его роющей деятельностью. Кроме того, лось питается в более высоком ярусе растительности, нежели косуля, кабан и заяц. Меньшие размеры косули и зайца-русака определяют более высокую интенсивность обмена веществ, что способствует накоплению радионуклидов.

Для различных видов животных пик накопления ^{137}Cs приходится на различные месяцы, что вызвано особенностями их питания.

Наиболее высокое накопление ^{137}Cs мягкими тканями дикого кабана отмечается зимой. Лось и косуля относятся к дендрофагам, использующим в пищу побеги деревьев, кустов и кустарничков. Максимум накопления ^{137}Cs данными животными совпадает с наибольшим содержанием в этих элементах фитомассы – конец лета – осень.

Для ^{90}Sr не выявлено варьирования содержания в организме животных в течение вегетационного сезона, тем более, что накапливается он в костной ткани, неиспользуемой для промысловых целей.

Контрольные вопросы

1. Какой основной путь поступления радионуклидов в организм животных в настоящее время?
2. Что понимается под хроническим поступлением радионуклидов в организм животных?
3. Что определяет особенности накопления радионуклидов дикими животными?

Тема 10

Оценка запасов радионуклидов

в основных компонентах лесных биогеоценозов

10.1 Запас радионуклидов в надземной фитомассе древесных растений.

10.2 Многолетняя динамика запасов радионуклидов в надземной фитомассе.

10.3 Прогноз поступления радионуклидов в надземную фитомассу насаждений.

10.1 Запас радионуклидов в надземной фитомассе древесных растений

В надземной фитомассе древесных растений лесных биогеоценозов наиболее интенсивные изменения запасов ^{137}Cs наблюдались в первые годы после аварии на Чернобыльской АЭС и были связаны с интенсивным очищением поверхностно загрязненных элементов (коры и веток) и корневым поступлением в древесину и ассимилирующие органы текущего года формирования.

В настоящее время запас радионуклидов в элементах надземной фитомассы практически стабилизировался, при этом величина параметра для ^{137}Cs находится в прямой связи от загрязнения почвы, возраста насаждения, условий увлажнения и в обратной – от трофотопы и условий увлажнения для ^{90}Sr .

В целом же, и через 27 лет после поступления радионуклидов в почву, леса остаются мощными депозитариями радионуклидов. Наибольшую активность ^{137}Cs удерживают черноольховые леса, в древесине и коре которых сосредоточено до 12 % радионуклида от общего в экосистеме, а ^{90}Sr – дубравы (до 50 %), березняки и осинники (до 25 %).

10.2 Многолетняя динамика запасов радионуклидов в надземной фитомассе

Динамика суммарной активности ^{137}Cs в каждом из элементов надземной фитомассы определяется изменениями биомассы и удельной активности ^{137}Cs .

Запас ^{137}Cs в древесине определен величиной, накопленной в глубинных слоях и слабо участвующей в перемещении, его транзитом к ассимилирующим органам от корней и обратным переходом с нисходящим потоком. Здесь также участвует часть радионуклида, поступившая во вновь образуемую биомассу и та доля, которая мигрировала в иные компоненты. До середины 1990-х гг. активность ^{137}Cs в древесине повышалась не только за счет прироста загрязненной биомассы, но и благодаря дополнительному корневому поступлению, поскольку квазиравновесное распределение радионуклида в системе «почва - растение» еще не было достигнуто. Неизменность запасов или их снижение со скоростью радиоактивного распада можно охарактеризовать как достижение квазиравновесного распределения, когда поступление радионуклидов в древесину с прирастающей биомассой компенсируется очищением (за счет распада и перераспределения между органами и тканями), фактически роль древесины сводится к удерживанию уже накопленных радионуклидов, а также к их транзиту. С 1997 г. в данном элементе надземной фитомассы отмечается стабилизация параметра.

Для веток с корой изменения запаса ^{137}Cs во многом сходны с древесиной. Оценка потока радионуклида в данные элементы фитомассы свидетельствует о меньшей его интенсивности и выраженности, что вполне ожидаемо – их биомасса меньше на порядок по сравнению с древесиной.

Несколько иная ситуация для хвои, являющейся индикатором корневого поступления, – накопление ^{137}Cs в ней идет в течение всего срока вегетации, фактически отражая поток в данный элемент фитомассы.

Вероятно, накопление ^{137}Cs в надземной фитомассе древесных растений определяется, главным образом, нахождением радионуклида в почвенном растворе, поскольку величина потока ^{137}Cs в надземную фитомассу (менее 1,5 % от активности почвы) близка к содержанию радионуклида в водорастворимой форме в 0–10-сантиметровом слое минеральной части почвы.

10.3 Прогноз поступления радионуклидов в надземную фитомассу насаждений

Планирование использования древесных ресурсов на загрязненных территориях возможно только на основе результатов прогнозирования содержания радионуклидов в надземной фитомассе древесных

растений, согласно которым с конца 1990-х гг. для данных элементов фитомассы была отмечена тенденция к снижению активности ^{137}Cs .

В дальнейшем содержание радиоцезия определяется совокупностью биологических и физических процессов, определяющих его накопление в каждом элементе наземной фитомассы: радиоактивный распад, прирост биомассы древесины, перераспределение радионуклида по физико-химическим формам с различной доступностью, миграция за пределы корнеобитаемого слоя, изменения корневого поступления ^{137}Cs и т. д.

К 2035 г. активность ^{137}Cs в окоренной древесине оценена величиной 55–80 кБк/м², в хвое и ветках – менее 40, в коре – ~ 10 кБк/м² при поверхностной активности радионуклида в 0–20-сантиметровом слое почвы + лесной подстилке – 1 500 кБк/м².

Контрольные вопросы

1. От каких факторов зависит величина накопления ^{137}Cs и ^{90}Sr элементами наземной фитомассы?
2. В чем заключается особенность накопления ^{137}Cs хвоей сосновых насаждений?
3. Что является основой для планирования использования древесных ресурсов на загрязненных территориях?

Тема 11

Поступление радионуклидов в организм человека

11.1 Особенности поступления радионуклидов в организм человека.

11.2 Допустимые уровни содержания радионуклидов в продуктах питания.

11.3 Республиканские допустимые уровни содержания цезия-137 в древесной продукции.

11.4 Особенности облучения работников лесного хозяйства.

11.1 Особенности поступления радионуклидов в организм человека

Основные пути поступления естественных и искусственных радиоактивных элементов в организм человека: *пероральный, ингаляционный и кожный.*

При *пероральном поступлении* радионуклиды, в результате переваривания пищи, всасываются через эпителий в кровь (главную роль здесь играет тонкий кишечник). После поступления в кровь распределение радионуклидов в организме определяется главным образом их физико-химическими свойствами и свойствами жизненно важных химических элементов – неизотопных аналогов радионуклида. Например, ^{137}Cs ведет себя так же, как и стабильный калий – это неизотопные аналоги щелочных металлов, ^{90}Sr – как и стабильный кальций.

При *ингаляционном поступлении* – чем меньше дисперсность радиоактивных частиц, тем больше их поступает в альвеолярные отделы легких; тем в большей степени радионуклиды всасываются в ЖКТ, тем в большей степени они поступают и в легкие. При попадании радионуклидов, образующих труднорастворимые гидрооксиды и коллоиды, происходит отложение в верхних дыхательных путях, на слизистой трахеи, бронхов, откуда с помощью мерцательного эпителия переводятся в глотку, а затем и в желудок. Из альвеолярного отдела происходит постепенное перемещение в лимфоузлы. Еще медленнее происходит поступление в кровеносные сосуды.

Но в целом общая величина поступления трудноусваиваемых радионуклидов в легких в десятки и сотни раз выше, чем в желудке, так как время контакта там существенно больше.

При проникновении через кожу радиоактивному элементу противостоит защитный слой эпидермиса. Если же через данный слой радионуклид прошел – он пройдет и дальше. В наибольшей степени это свойственно тритию – через час после внесения на поверхность кожи в составе водного раствора он поглощается полностью, достаточно активно проникают радионуклиды йода, в наименьшей степени – радионуклиды стронция и бария.

Но практически всегда поступление радионуклидов в организм человека определяется комбинацией вышесказанных путей.

11.2 Допустимые уровни содержания радионуклидов в продуктах питания

Для снижения поступления радионуклидов в организмы людей после аварии на Чернобыльской АЭС были введены специальные нормативы содержания радиоактивных веществ в продуктах питания РДУ (Республиканские допустимые уровни содержания радионуклидов цезия-137 и стронция-90 в пищевых продуктах и питьевой воде). Согласно нормативам содержания радиоактивных веществ в продуктах питания (РДУ-99 ГН 10-117-99) при употреблении им соответствующих в организме формируется внутренняя доза 0,9 мЗв/год.

Суммарная дозовая нагрузка от радионуклидов «Чернобыльского» происхождения зависит от ряда факторов, но определяется фактически одним радионуклидом – ^{137}Cs :

- плотностью загрязнения почвы ^{137}Cs . Чем данный показатель выше, тем выше дозы внешнего и внутреннего облучения;

- временем пребывания на участках с повышенным содержанием радионуклидов. Чем дольше времени и чем выше плотность загрязнения участка, на котором находится человек, тем выше доза внешнего облучения им будет накоплена;

- рационом питания. Чем больше в рационе продуктов питания с высокой удельной активностью (лесные грибы и ягоды, дичь), тем выше доза внутреннего облучения;

- характером ведения хозяйства. В частном секторе превышение РДУ-99 отмечается гораздо чаще, чем в государственном, что связано с выпасом скота на окультуренных пастбищах, в последнем случае, а также с применением минеральных удобрений, известкованием почв при сельскохозяйственных работах;

- зональным фактором. Загрязненность продуктов питания в Брестской области чаще превышает РДУ-99 по сравнению с Гомельской

и Могилевской, несмотря на более высокие уровни загрязнения последних, что связано с легкими по механическому составу почвами, формируемыми на водноледниковых песках на Брестчине.

Содержание радионуклидов в продуктах питания последних лет практически стабилизировалось на уровнях, не превышающих РДУ-99.

Суммарные дозы облучения, накопленные при проживании даже при высоких уровнях облучения, как свидетельствуют данные научных исследований, недостаточны для формирования какого-либо значимого радиобиологического эффекта. По крайней мере, в научных изданиях отсутствуют данные о таком влиянии.

Вместе с тем, высокие дозовые нагрузки на щитовидную железу на момент аварии привели к почти 10-кратному увеличению онкологическими заболеваниями этого органа – в 1995–1997 гг. ежегодно выявлялось 120–130 случаев заболевания на 100 000 детей.

11.3 Республиканские допустимые уровни содержания цезия-137 в древесной продукции

Гигиенические нормативы ГН 2.6.1.10-1-01-2001 «Республиканские допустимые уровни содержания цезия-137 в древесине, продукции из древесины и древесных материалов и прочей пищевой продукции лесного хозяйства» (РДУ/ЛХ-2001) установлены (таблица 1), исходя из квоты дополнительного облучения населения за счет древесины, продукции из древесины и древесных материалов, прочей пищевой продукции лесного хозяйства, равной $0,1 \text{ м}^2$ в год.

Допустимые уровни на древесину и продукцию из нее (кроме отдельных видов продукции лесохимии), прочую продукцию лесного хозяйства установлены на нормализованную влажность.

Нормализованная влажность – равновесная влажность, приобретаемая при температуре $(20 \pm 2) \text{ }^\circ\text{C}$ и относительной влажности среды $(65 \pm 5) \%$. Допустимые уровни на мебель, строительные материалы и изделия из древесины устанавливаются по материалам, идущим на их изготовление.

Соответствие допустимому уровню устанавливается путем сравнения допустимого уровня с измеренным значением содержания цезия-137 в продукции плюс методическая погрешность при его определении.

Таблица 1 – Гигиенические нормативы ГН 2.6.1.10-1-01-2001 «Республиканские допустимые уровни содержания цезия-137 в древесине, продукции из древесины и древесных материалов и прочей пищевой продукции лесного хозяйства» (РДУ/ЛХ-2001)

Наименование продукции	Бк/кг, Бк/л
1. Лесоматериалы круглые	
1.1 Лесоматериалы круглые для строительства стен жилых зданий	740
1.2 Лесоматериалы круглые прочие	1 480
2. Древесное технологическое сырье	1 480
3. Топливо древесное	740
4. Пилопродукция, изделия и детали из древесины и древесных материалов	
4.1 Пиломатериалы, изделия и детали из древесины и древесных материалов для строительства (внутренней обшивки) стен жилых зданий	740
4.2 Пилопродукция, изделия и детали из древесины и древесных материалов, прочие	1 850
5. Прочая пищевая продукция лесного хозяйства	1 850

11.4 Особенности облучения работников лесного хозяйства

В виду того, что выполнение профессиональных обязанностей работниками лесного хозяйства, непосредственно обслуживающими лесные угодья, связано с длительным пребыванием в лесу, следует ожидать, что данная категория работников подвержена повышенному риску от воздействия внешнего облучения.

При работе на территории, загрязненной радиоактивными веществами, работники лесного хозяйства подвергаются воздействиям:

- внешнего облучения всего организма. Внешнее облучение формируется за счет ионизирующего излучения от радионуклидов, рассеянных по поверхности почвы, осевших на деревьях и кустарниках, и является постоянно действующим фактором для всех людей, проживающих на загрязненной территории;

- внутреннего облучения организма продуктами питания. Внутреннее облучение от потребляемых продуктов питания, содержащих

радионуклиды, практически не связано с профессией работающих и может быть ослаблено за счет включения в рацион привозных продуктов.

Показано, что дозы внешнего облучения, полученные работниками лесного хозяйства, непосредственно занятыми в лесу, в 1,5–3 раза выше, чем у других категорий работников (занимающихся делопроизводством) и жителей населенных пунктов, что обусловлено повышенным уровнем потребления «даров леса».

Таким образом, данную категорию работников лесного хозяйства можно отнести к одной из «критических» групп по дозе внешнего и внутреннего облучения.

Контрольные вопросы

1. Назовите основные пути поступления естественных и искусственных радиоактивных элементов в организм человека.
2. Что определяет формирование суммарной дозовой нагрузки от радионуклидов «Чернобыльского» происхождения?
3. Назовите особенности формирования внешнего облучения работников, непосредственно занятых в лесу.
4. Назовите особенности формирования внутреннего облучения работников, непосредственно занятых в лесу.

Литература

1. Переволоцкий, А. Н. Радиоэкология : пособие для студентов биологич. специальностей высших учебных заведений / А. Н. Переволоцкий, А. В. Гаврилов, И. М. Булавик. – Минск: НПООО «Пион», 2000. – 112 с.

2. Инструкция по отнесению лесных кварталов к зонам радиоактивного загрязнения: утв. М-вом лесного хозяйства Респ. Беларусь 03.05.2001. – Минск: Минлесхоз Респ. Беларусь, 2001. – 23 с.

3. Республиканские допустимые уровни содержания цезия-137 в древесине, продукции из древесины и древесных материалов и прочей пищевой продукции лесного хозяйства (РДУ/ЛХ-2001): утв. М-вом лесного хозяйства Респ. Беларусь 11.01.2001. – Минск: Минлесхоз Респ. Беларусь, 2001. – 3 с.

4. Правила проведения рубок леса в зонах с плотностью загрязнения почв цезием-137 15 Ки/км² и более: утв. Комлесхозом Респ. Беларусь 31.10.2002. – Минск: Комлесхоз Респ. Беларусь, 2003. – 13 с.

5. Переволоцкий, А. Н. Основы ведения лесного хозяйства в условиях радиоактивного загрязнения / А. Н. Переволоцкий, И. М. Булавик. – Минск: Белгослес, 2003. – 144 с.

6. Правила ведения лесного хозяйства в зонах радиоактивного загрязнения: утв. М-вом лесного хозяйства Респ. Беларусь 10 апреля 2009. – Минск: Минлесхоз Респ. Беларусь, 2009. – 42 с.

7. Правила отвода и таксации лесосек в лесах Республики Беларусь: утв. М-вом лесного хозяйства Респ. Беларусь 30 июня 2010. – Минск: Минлесхоз Респ. Беларусь, 2010. – 66 с.

8. Радиационный контроль. Обследование лесосек. Порядок проведения: ТКП 239.2010 (02080). – Введ. 01.06.2010. – Минск: Минлесхоз Респ. Беларусь, 2010. – 22 с.

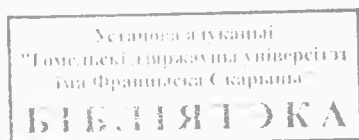
9. Радиационный контроль. Обследование земель лесного фонда. Порядок проведения: ТКП 240.2010 (02080). – Введ. 22.02.2010. – Минск: Минлесхоз Респ. Беларусь, 2010. – 18 с.

10. Радиационный контроль. Объекты лесного хозяйства, рабочие места. Порядок проведения: ТКП 250.2010 (02080). – Введ. 28.06.2010. – Минск: Минлесхоз Респ. Беларусь, 2010. – 35 с.

11. Радиационный контроль. Отбор и подготовка проб лесной продукции. Порядок проведения: ТКП 251.2010 (02080). – Введ. 28.06.2010. – Минск: Минлесхоз Респ. Беларусь, 2010. – 29 с.

12. Инструкция о порядке ведения охотничьего хозяйства и охоты на территориях, подвергшихся радиоактивному загрязнению утв. М-вом лесного хозяйства Респ. Беларусь 13.10.2010. – Минск: Минлесхоз Респ. Беларусь, 2010. – 23 с.

13. Устойчивое лесопользование и лесопользование. Наставление по лесовосстановлению и лесоразведению в Республике Беларусь: ТКП 047-2009 (02080). – Введ. 28.06.2010. – Минск: Минлесхоз Респ. Беларусь, 2010. – 128 с.



РЕПОЗИТОРИЙ ГГУ ИМЕНИ Ф. СКОРИНЫ

Производственно-практическое издание

Переволоцкая Татьяна Витальевна

**РАДИАЦИОННОЕ ЛЕСОВОДСТВО:
основы лесной радиозкологии**

Практическое руководство
для студентов специальности 1 – 75 01 01
«Лесное хозяйство»

Редактор *В. И. Шкредова*
Корректор *В. В. Калугина*

Подписано в печать 10.10.2014. Формат 60x84 1/16.
Бумага офсетная. Ризография. Усл. печ. л. 2,8.
Уч.-изд. л. 3,1. Тираж 40 экз. Заказ 537.

4584-00

Издатель и полиграфическое исполнение:
учреждение образования
«Гомельский государственный университет имени Франциска Скорины».
Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя,
распространителя печатных изданий № 1/87 от 18.11.2013.
Специальное разрешение (лицензия) № 02330 / 450 от 18.12.2013.
Ул. Советская, 104, 246019, Гомель.