

## МОДЕЛИРОВАНИЕ ПОВЕДЕНИЯ ДОЛГОЖИВУЩИХ РАДИОНУКЛИДОВ В ЛЕСНЫХ ЭКОСИСТЕМАХ

А.М. Дворник<sup>1</sup>, А.А. Дворник<sup>2</sup>

<sup>1</sup>УО «Гомельский государственный университет им. Ф.Скорины», Гомель, *amdvor-nik@yandex.ru*

<sup>2</sup>ГНУ «Институт радиобиологии НАН Беларуси», Гомель

**Введение.** С момента Чернобыльской катастрофы прошло 30 лет. Много это или мало? С точки зрения продолжительности человеческой жизни — это почти половина. С точки зрения последствий ядерной катастрофы — это незначительный период. Лесные экосистемы выполняют свои природные функции и являются естественным барьером на пути потоков радионуклидов и препятствуют их вторичному перераспределению. Леса проявили себя, как аккумулятор радиоактивных выпадений, накопив большое количество радионуклидов. За 30 лет площадь загрязненных лесных земель снизилась с 25 % до 18 %.

Ликвидация последствий радиационных аварий проходит три необходимые стадии:

- сбор и накопление экспериментальных данных, оценка масштабов загрязнения;
- выявление и анализ основных закономерностей поведения радионуклидов в различных природных средах, моделирование и прогнозирование развития радиационной ситуации;
- разработка эффективных мероприятий ликвидации последствий радиоактивного загрязнения.

Для изучения поведения радионуклидов в лесных экосистемах в Институте леса Национальной академии наук Беларуси под руководством академика В.А. Ипатьева создан коллектив ученых, который с первых дней катастрофы начал радиационные исследования. Среди них были доктора наук И.М. Булавик, А.М. Дворник, А.Н. Переволоцкий, кандидаты наук Н.И.Булко, Т.А. Жученко, Н.В. Митин и другие. Позже радиоэкологические исследования были продолжены УО «Гомельский государственный университет им. Ф. Скорины», ГНУ «Институт радиобиологии НАН Беларуси», РНИУП «Институт радиологии» МЧС Республики Беларусь.

Результаты исследования поведения радионуклидов в лесных экосистемах опубликованы в 5 монографиях, сотнях статей в научных журналах, сборниках и конференциях, реализованы в виде методик, практических рекомендаций, патентов.

Исследования выполнялись в рамках крупных научных программ:

- государственной программы преодоления последствий катастрофы на ЧАЭС;
- государственной программы фундаментальных исследований Национальной академии наук Беларуси;
- государственной программы «Леса Беларуси»;
- государственной программы «Радиация и экосистемы», «Природно-ресурсный потенциал»;
- международное сотрудничество Европейская комиссия, Беларусь, Российская Федерация, Украина Project **ЕСР-5**, Project **INCO-COPERNICUS FORECO**;
- международных грантов Великобритании, Японии.

Широко развивалось сотрудничество с зарубежными учеными из США, Канады, Великобритании, Японии, Италии, Германии, Бельгии.

В данной работе мы хотели изложить результаты наших исследований по моделированию поведения радионуклидов в лесных экосистемах.

**Материалы и методы.** С целью выяснения основных закономерностей поведения радионуклидов в лесных экосистемах и прогнозирования динамики радионуклидов создана базовая математическая модель. Она строится на детальном изучении процессов перераспределения радионуклидов в лесном биогеоценозе, используя экспериментальные данные базовой сети лесных стационаров долговременного наблюдения. Полученные на них экспериментальные данные имеют высокую статистическую обеспеченность, что значительно повышает достоверность научных результатов.

Исследования проводились как в ближней зоне загрязнения, 30 км вокруг ЧАЭС (ПГРЭЗ), так и дальней – территория Ветковского спецлесхоза, 150-200 км от ЧАЭС. Объекты подбирались с учетом плотности радиоактивного загрязнения территории, типа леса и его возрастных особенностей.

В отличие от традиционных методик, требующих сбора экспериментальных данных с целью моделирования в течение нескольких сезонов, нами разработана сбора данных за один сезон. Используя методологический подход, выполнено научное обоснование и создана сеть лесных стационаров долговременного наблюдения и населенных пунктов для проведения комплексной радиоэкологической оценки лесных экосистем после ядерных аварий.

На объектах определены запасы лесных горючих материалов (ЛГМ) и уровень их загрязнения  $^{137}\text{Cs}$  для различных типов сосновых лесов. В соответствии разработанному нами методу сделана оценка динамики уровня загрязнения подстилки  $^{137}\text{Cs}$  с течением времени. Отбор дымовых аэрозолей и радиоактивных продуктов сгорания (РПС) и аэрозолей проводился при помощи устройства для сжигания твердых материалов и отбора проб для анализа веществ, находящихся в дыме.

Для оценки переноса радионуклидов с дымом лесных пожаров, случившихся на загрязненной радионуклидами территории, нами предложен новый способ такой оценки. Предлагаемый метод основан на проведении комплексного сравнительного анализа контролируемых параметров: данных радиационного контроля атмосферного воздуха, метеорологической обстановки в пунктах наблюдения, лесопожарной обстановки и радиационного контроля лесных экосистем.

**Результаты исследования и их обсуждение.** В результате наших исследований на основе общего методологического подхода создана система математических моделей для комплексной радиоэкологической оценки лесных экосистем после крупномасштабных ядерных аварий, включающая в себя радиоэкологию загрязненных лесов и их влияние на население, прогнозирование и оценку эффективности системы защитных мероприятий, направленных на снижение радиационного риска.

Система математических моделей включает в себя следующие модули:

- радиоэкологическую модель *FORESTLIFE* для расчета уровней загрязнения компонентов лесных насаждений;
- дозовую модель *FORESTDOSE\_EXTERNAL* для расчета доз внешнего облучения;
- дозовую модель *FORESTDOSE\_INTERNAL* для расчета доз внутреннего облучения от потребления даров леса;
- радиационно-пирологическую модель *FORESTFIRE* для расчета пирологических характеристик лесного пожара и параметров переноса дымового облака;
- дозовую модель *FORESTDOSE* для расчета доз внешнего и внутреннего облучения участников пожаротушения и расчета доз внутреннего облучения населения прилегающей территории.

Прогнозная математическая модель *FORESTLIFE* миграции радионуклидов в лесных насаждениях различного типа, позволяющая достоверно рассчитывать динамику поведения радионуклидов на основе ограниченного количества исходных данных: плотность загрязнения, тип леса и его возраст.

В дозовой модели *FORESTDOSE\_EXTERNAL* для расчета доз внешнего облучения пространственная конфигурация источника излучения представлена в виде трех функциональных блоков: блок почвы; блок стволовой древесины; блок кроны.

В дозовой модели *FORESTDOSE\_INTERNAL* для расчета доз внутреннего облучения от потребления даров леса использует три принципиальных положения:

- структура лесного окружения конкретного населенного пункта;
- средневзвешенную активность пищевой продукции леса,
- потребление пищевой продукции леса населением.

Радиационно-пирологическая модель *FORESTFIRE* для расчета пирологических характеристик лесного пожара и параметров переноса дымового облака является составной и построена по модульному принципу. В модели выделяется три основных подмодели: блок расчета радиоактивного загрязнения ЛГМ (модель *FORESTLIFE*), блок расчета пирологических характеристик лесного пожара и параметров переноса дымового облака (модель *FORESTFIRE*), блок расчета доз внешнего и внутреннего облучения участников пожаротушения и блок расчета доз внутреннего облучения населения прилегающей территории (модель *FORESTDOSE*).

В качестве исходных данных используются радиационно-лесоводственные характеристики сосновых насаждений, а также площадь и интенсивность пожара и скорость ветра.

На основе данной модели разработана информационно-аналитическая система *FORESTLIFE* и ее компьютерное приложение. Она создает научную основу для разработки системы принятия решений по управлению лесным хозяйством на загрязненных радионуклидами территориях, оценки, анализа и прогнозов последствий ядерных аварий, принятия защитных действий и контрмер.

**Заключение.** В результате систематического изучения лесных экосистем, загрязненных радионуклидами после аварии на Чернобыльской АЭС, разработана система их радиоэкологической оценки после крупномасштабных ядерных аварий, включающая в себя методологию комплексных исследований, методы прогнозирования, математические модели, описывающие динамику уровней загрязнения лесных экосистем и доз облучения населения от леса и лесных продуктов, радиационно-пирологические характеристики лесных пожаров и дозы облучения участников пожаротушения и населения прилегающих территорий.