

Рисунок 3 – Зависимость максимальной температуры ТВЭЛ от времени для течи в 15, 25, 35 и 45 %

Полученные зависимости позволяют сделать вывод о том, что при течах заданной величины СБ справляются со своими функциями и наблюдается надежное охлаждение АЗ, что не приводит к ее повреждению и позволяет и дальше эксплуатировать энергоблок после ремонтных работ.

Аналитический тренажер АЭС ТОМАС-1 играет важную роль в изучении протекания процессов на АЭС, приобретении базовых знаний и навыков, поддержании уровня приобретенных знаний, связанных с определением уровня радиационного воздействия ЯЭУ на персонал, население и окружающую среду при нормальной эксплуатации, а также реакции установки на различные аварийные ситуации.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Острейковский, В.А. Безопасность атомных станций. Вероятностный анализ / В.А. Острейковский, Ю.В. Швыряев – М.: Физматлит, 2008. – 187 с.
2. Любарский, А.В. Вероятностный анализ безопасности АС уровня 1: учебное пособие для повышения квалификации специалистов по надзору за ядерной и радиационной безопасностью. – Труды НТЦ ЯРБ. / А.В. Любарский, Д.Е. Носков, Г.И. Самохин – М.: НТЦ ЯРБ. 2010. – Вып. 10. – 167 с.
3. Бахметьев, А.М. Основы безопасности ядерных энергетических установок : учебное пособие для студентов специальностей 140404, 140305, 140101 / А. М. Бахметьев ; под ред. С. М. Дмитриева ; Федеральное агентство по образованию, Гос. образовательное учреждение высш. проф. образования Нижегородский гос. технический ун-т. – Нижний Новгород: Нижегородский гос. технический ун-т, 2006. – 174 с.
4. Дементьев, Б.А. Ядерные энергетические реакторы: учебник для вузов / Б.А. Дементьев. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Энергоатомиздат, 1990. – 352 с.

УДК 621.039.001.5

В.И. Орловская, Э.А. Михалычева, А.Г. Трифонов

Государственное научное учреждение «Объединенный институт энергетических и ядерных исследований – Сосны» Национальной академии наук Беларуси,
г. Минск, Республика Беларусь

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА «МОДЕЛИРОВАНИЕ МИГРАЦИИ РАДИОНУКЛИДОВ В РЕЧНЫХ СИСТЕМАХ В ЗОНЕ ВЛИЯНИЯ БЕЛОРУССКОЙ АЭС ПРИ РАЗЛИЧНЫХ АВАРИЙНЫХ СИТУАЦИЯХ» В ОБРАЗОВАНИИ СТУДЕНТОВ-ЭКОЛОГОВ

Образование студентов-экологов, выпускаемых для работы на объектах ядерной энергетики, должно включать обучение современным методам моделирования аварийных ситуаций на таких объектах, а также путей и последствий распространения радиоактивных загрязнений.



Оценка экологических последствий использования ядерных технологий принципиально важна и крайне актуальна как для программы развития атомной энергетики и промышленности, так и для успешного решения проблем ядерного наследия. Объективная оценка радиоэкологических последствий является ключом к выбору практических решений – либо по реабилитации и защитным мероприятиям, либо по созданию доказательной базы безопасности рассмотренных технологий.

Для принятия решений по радиационной защите принципиальную роль играют оценки дозовых нагрузок, которые, в свою очередь, определяются особенностями миграции радионуклидов в природной среде. Одним из последствий радиационной аварии на АЭС может быть перенос радиоактивных веществ по водным путям как на территории Республики Беларусь, так и на территории сопредельных государств, в частности, на территорию Литовской Республики.

В настоящее время существует ряд моделей, позволяющих проводить расчеты переноса и миграции загрязняющей примеси в реках и водоемах. К моделям, используемым для прогнозов, предъявляются специфические требования. Кроме возможно более полного и адекватного описания процессов миграции радионуклидов, они должны быть обеспечены начальными входными параметрами, которые в дальнейшем могут уточняться при натурных исследованиях. Использование информационных технологий для прогноза и анализа последствий радиационного загрязнения водных объектов предоставляет широкие возможности реального применения этих моделей для оценки последствий различных аварийных ситуаций и оценки радиационного ущерба от проведения всевозможных радиационно-опасных мероприятий.

Правильно построенная математическая модель должна с необходимой разрешающей способностью отражать основные процессы, влияющие на миграцию радионуклидов в данном типе водного объекта с учетом характеристик источников радиоактивности.

Процесс построения модели можно условно разделить на следующие этапы.

1. Постановка задачи. Определение целей моделирования, выделение конечного числа процессов и характеристик, наиболее существенных для моделирования миграции радионуклидов, определение перечня характеристик объекта, которые получены в результате измерений и могут быть использованы при моделировании, выбор необходимой разрешающей способности модели во времени и пространстве.

2. Построение концептуальной математической модели. Определение структуры моделируемой системы – выделение ее компонентов с учетом целей моделирования и имеющихся данных об объекте, описание рассматриваемого объекта и учитываемых процессов, оценка их пространственных и временных границ, выявление наиболее существенных внутренних и внешних параметров и связей между ними.

3. Выбор и разработка численного метода, реализующего выбранную математическую модель.

4. Реализация модели в виде компьютерной программы или нахождение решения в аналитической форме.

Постановка задачи. Общая постановка задачи распределения радиоактивного загрязнения в речной сети сводится к определению пространственно-временных изменений концентрации радионуклидов в элементах речной сети с учетом различных условий их поступления и основывается на уравнениях сохранения массы, транспортируемых наносов, мигрирующих радионуклидов и уравнения количества движения воды в произвольном объеме.

Построение концептуальной математической модели. Для анализа переноса радионуклидов речными системами, загрязненными в результате аварийного выброса на АЭС выбрана одномерная русловая модель, которая позволяет рассчитать уровни радиоактивного за-



грязнения воды и верхнего активного слоя донных отложений водоемов в зависимости от времени.

Согласно данной модели речная среда разбивается на взаимодействующие компоненты: верхний слой, содержащий воду и взвешенные наносы, и нижний слой – активный слой донных наносов (рис. 1). Между этими слоями происходят процессы осаждения-взмучивания взвешенных макрочастиц и сорбции-десорбции радионуклидов. В данной модели концентрация радионуклидов на взвешенных наносах принимается равной концентрации в воде.

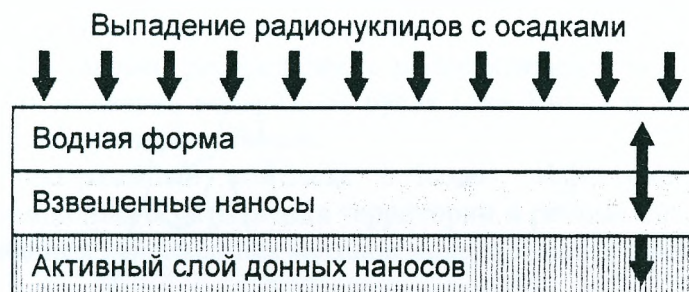


Рисунок 1 – Пути миграции радионуклидов в системе вода – донные отложения

Распространение загрязнения вдоль русла реки описывается системой дифференциальных уравнений:

$$\frac{H\delta}{\partial t} = -\frac{Hv\delta(C_w)}{\partial x} + \alpha C_b - \beta C_w \quad (1)$$

$$\frac{\delta\delta(C_b)}{\partial t} = -D\frac{\partial C_b}{\partial z} + \alpha C_b - \beta C_w \quad (2)$$

где x – координата вдоль русла реки – начало координат в точке сброса; z – вертикальная координата, направленная вглубь донных отложений (начало координат на поверхности дна); t – время; H – глубина реки; v – скорость течения воды; δ – толщина обменного слоя донных отложений; $C_w(x,t)$ – концентрация загрязнения в воде; $C_b(x,t)$ – концентрация загрязнения в донных отложениях; D – коэффициент молекулярной диффузии радионуклидов в донные отложения; α, β – кинетические параметры, характеризующие взаимообмен загрязняющим веществом между водой и донными отложениями; t_s – временной параметр, характеризующий длительность сброса.

Численное решение. Для нахождения численного решения системы дифференциальных уравнений определяется набор точек (сетка), а исходные уравнения заменяются их численными аналогами, которые позволяют находить решение при помощи последовательного выполнения определенных арифметических операций. Разностная схема аппроксимирует исходные уравнения с первым порядком точности:

$$C_{w_i}^{n+1} = C_{w_i}^n + \frac{v * \tau (C_{w_i}^n - C_{w_{i-1}}^n)}{x} + \frac{\tau * (\alpha \frac{C_{b_i}^n + C_{b_{i-1}}^n}{2} - \beta \frac{C_{w_i}^n + C_{w_{i-1}}^n}{2})}{H} \quad (3)$$

$$C_b^{n+1} = C_{b_i}^n + \tau \left(-\frac{D}{\delta} \times C_{b_i}^n - \alpha \frac{C_{b_i}^n + C_{b_{i-1}}^n}{2} + \beta \frac{C_{w_i}^n + C_{w_{i-1}}^n}{2} \right) \quad (4)$$

В качестве начального условия (при $t=0$) предполагается, что концентрация радионуклидов в воде и донных отложениях заданы на всем протяжении расчетного участка. На начальном этапе расчета формируется сетка, где на нулевом по времени слое в узлах сетки задаются гидрологические характеристики реки и информация о начальном загрязнении реки, а на левой границе (самая верхняя по течению реки точка) – граничные условия.

Алгоритм расчета концентрации представляет собой поиск численного решения значения концентрации в узлах сетки на каждом последующем слое по времени и по расстоянию. Значения концентраций для каждого следующего слоя находят, исходя из известных значений концентраций для предыдущего слоя с учетом того, что гидрологические характеристики реки и радионуклидов известны для всех временных слоев. Алгоритм включает в себя следующие основные блоки.

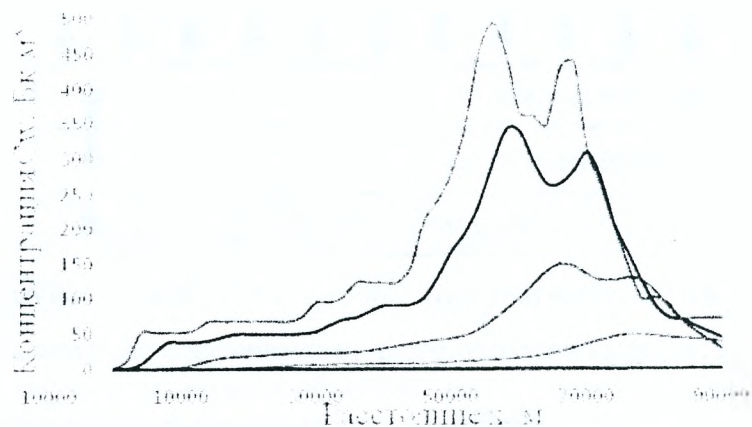


Рисунок 2 – Распределение радиоактивного загрязнения цезием-137 воды вдоль русла реки Вилия от времени при запроектной аварии (графики располагаются сверху вниз в порядке убывания концентрации с интервалами времени от 40 мин. до 24 ч).

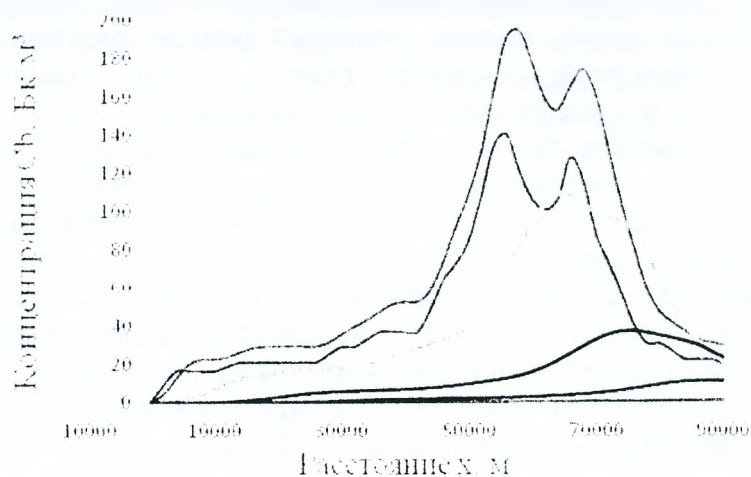


Рисунок 3 - Распределение радиоактивного загрязнения цезием-137 верхнего активного слоя донных отложений вдоль русла реки Вилия от времени при запроектной аварии (графики располагаются сверху вниз в порядке убывания концентрации с интервалами времени от 40 мин. до 24 ч).

Ввод данных. Обращение с помощью интерфейса программы к базе данных по наборам значений концентраций радиоактивных веществ и загрузка этих данных в рабочее поле. **Подготовка к расчету.** Формирование начальных и граничных условий, а так же источниковых членов в соответствии с условием поставленной задачи. Обнуление переменных, являющихся счетчиками числа временных шагов, накопления концентрации примесей в придонном слое и так далее. **Расчет поля концентраций.** В соответствии с формулами (3) и (4) расчет



поля концентраций вдоль русла реки для воды, придонного активного слоя и донных отложений. Расчет проводится для всего массива концентраций за исключением граничных точек. Корректировка, в случае необходимости граничных условий. Вывод промежуточных данных на печать и формирование графической информации. *Проверка конца счета*. Увеличение счетчика времени и проверки конца счета. *Подготовка к расчету следующего шага*. Перенос и формирование массивов для расчета полей концентраций на следующем временном шаге. *Сохранение результатов в файл*. Вывод конечных данных на печать и формирование графической информации. *Завершение расчета*.

На рис. 2 и 3 представлено распределение радиоактивного загрязнения цезием-137 по времени при запроектной аварии воды вдоль русла реки Вилия и верхнего активного слоя донных отложений вдоль русла реки Вилия.

Разработанный программный комплекс позволит эффективно обучать студентов-экологов оценке радиационного загрязнения территории и речных систем в районе размещения АЭС с использованием современных методов моделирования аварийных ситуаций.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Моделирование миграции радионуклидов в поверхностных водах / А.В. Носов [и др.] // Ин-т проблем безопасного развития атомной энергетики РАН. – М.: Наука, 2010. – 253 с.

УДК 378.147:54:631.95

О.В. Поддубная¹, Т.В. Сильвестрова²

¹ Учреждение образования «Белорусская государственная ордена Октябрьской революции и ордена Трудового Красного Знамени сельскохозяйственная академия», г. Горки, Могилёвская область, Республика Беларусь

² Учреждение здравоохранения «Горецкий районный центр гигиены и эпидемиологии», г. Горки, Могилёвская область, Республика Беларусь

ПРАКТИКО-ОРИЕНТИРОВАННЫЙ ПОДХОД ПРИ ИЗУЧЕНИИ ХИМИИ СТУДЕНТАМИ СПЕЦИАЛЬНОСТИ «ЭКОЛОГИЯ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА»

В современных условиях особенно актуально организовать процесс обучения так, чтобы его образовательный результат проявлялся в развитии собственной внутренней мотивации обучения, мышления, воображения, творческих способностей, устойчивого познавательного интереса студентов, в формировании системы жизненно важных, практически востребованных знаний и умений.

Высокое качество подготовки обусловлено практико-ориентированным подходом в организации учебного процесса. Что позволяет решить задачу подготовки квалификационных специалистов, имеющих необходимые теоретические знания и практические навыки по специальности. В настоящее время, для того чтобы подготовить хорошего специалиста, необходимо построить учебный процесс так, чтобы студент имел возможность проверять, пополнять и использовать свои знания, полученные в ходе теоретического обучения. Для достижения этой задачи определенная доля учебного времени уделяется практике. Различные виды учебных практик позволяют студенту подтвердить правильность выбранной профессии, наблюдать за тем, как работают профессионалы, получить практический опыт, формировать необходимые умения и навыки, выполнить творческую исследовательскую работу. Такой подход к процессу обучения способствует формированию подготовленного к профессиональной деятельности, конкурентоспособного, мобильного и творческого специалиста. Все это помогает решить одну из главных задач профессионального обучения студентов – успешному прохождению процесса профессионального самоопределения.