

ГИДРОЛОГИЧЕСКИЙ ДИСПЕРСИОННЫЙ МОДУЛЬ СИСТЕМЫ RODOS

А. Бойко, Р. Беженар, М. Железняк, Д. Трибушный

Институт проблем математических машин и систем, НАН Украины

e-mail: alexb@env.com.ua

Проблема математического моделирования переноса радионуклидов в русловых потоках занимает одно из центральных мест в системах поддержки и принятия решений при авариях и чрезвычайных ситуациях на атомных станциях. В рамках проекта RODOS (Realtime Online Decision Support System for nuclear emergency management, <http://www.rodos.fzk.de>), для моделирования смыва и распространения радионуклидов в русловых потоках, был создан прототип Гидрологического Дисперсионного Модуля (HDM, Hydrologic Dispersion Module). Модуль включает в себя реализацию цепочки моделей, описывающих процессы распространения радионуклидов в водных бассейнах:

- Модель атмосферного переноса RIMPUFF [1]. Данная модель использовалась для моделирования распространения пятна загрязнения, созданного точечным выбросом вредных веществ в атмосферу и дальнейшее выпадение радионуклидов на поверхность. Результат работы модели, а именно концентрации радионуклидов в области выпадения, является входными данными для модели RETRACE.

- Модель смыва радионуклидов RETRACE [2]. Модель представляет собой комплекс эмпирически полученных и апробированных на практике соотношений, которые описывают процесс смыва радионуклидов под действием выпадающих на поверхность осадков в русла рек. Результат расчета модели есть концентрации радионуклидов, которые смываются в реку. Данные о концентрациях служат граничными условиями для расчетных узлов следующей модели, модели RIVTOX.

- Модель переноса радионуклидов в русловых потоках RIVTOX [3]. Одномерная модель симуляции переноса радионуклидов в каналах рек RIVTOX является разработкой ИПММС, апробирована на каналах многих украинских и мировых рек [3]. Модель базируется на использовании и численном решении уравнения «диффузионной волны» [3]:

$$\frac{\partial Q}{\partial t} + V_w \frac{\partial Q}{\partial x} - E_{wd} \frac{\partial^2 Q}{\partial x^2} - V_w q_l = 0$$

$$V_w = \frac{3}{2} \frac{Q}{bh} \quad E_{wd} = \frac{Q}{2bS_0}$$

Транспорт седиментов в модели описывается одномерным уравнение адвекции-диффузии:

$$\frac{\partial(AS)}{\partial t} + \frac{\partial(QS)}{\partial x} - \frac{\partial}{\partial x} \left(E_s \frac{\partial(AS)}{\partial x} \right) = \Phi_b + \Phi_l$$

Для численного решения уравнения адвекции-диффузии использовались неявные схемы (MPDATA scheme и неявная схема первого порядка) [3].

Прототип ГидроДисперсионного Модуля создан на языке JAVA, является платфо-независимым и также включает в себя реализацию и поддержку нескольких ГИС функциональностей (GEOTOOLS, <http://geotools.codehaus.org>), которые используются для визуализации пятен выпадения, населенных пунктов, атомных станций, дорог, рек и т.д.

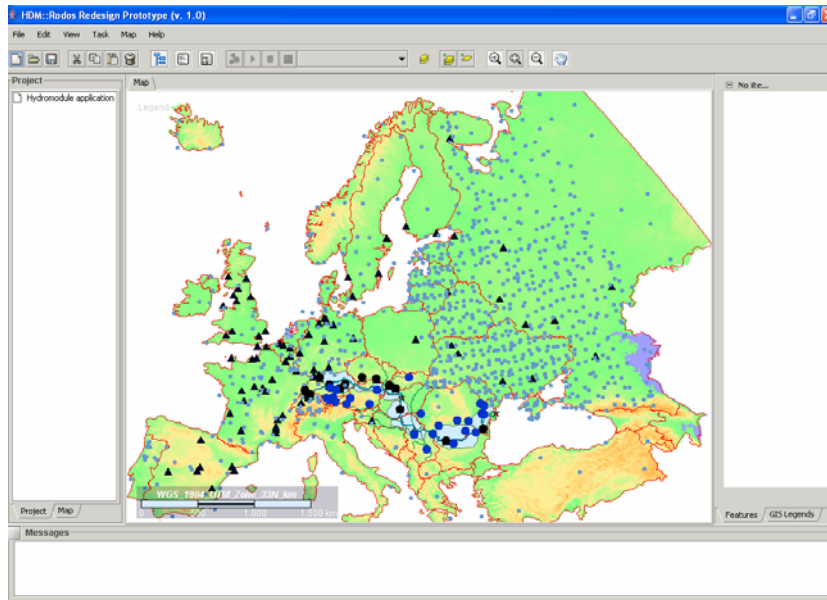


Рис 1. Скриншот оболочки прототипа Гидро модуля; Изображена карта Европы с различными объектами (населенные пункты, атомные станции, станции мониторинга)

Тестирования модуля было произведено на примере водосбора реки Дунай и нескольких сценариев катастрофических аварий на европейских атомных станциях.



Рис 2. Скриншот оболочки прототипа Гидро модуля; Изображены результаты работы модели атмосферного переноса – карта выпадений Sr-90. Источник атомная станция Богуница (Словакия)

В рамках настройки модуля для бассейна реки Дунай была собрана обширная база гидрометеорологической информации (осадки, расходы) по основным станциям наблюдения на реке Дунай и ее притоков. Была настроена гидродинамическая модель реки с притоками и произведена верификация по имеющимся гидрологическим данным.

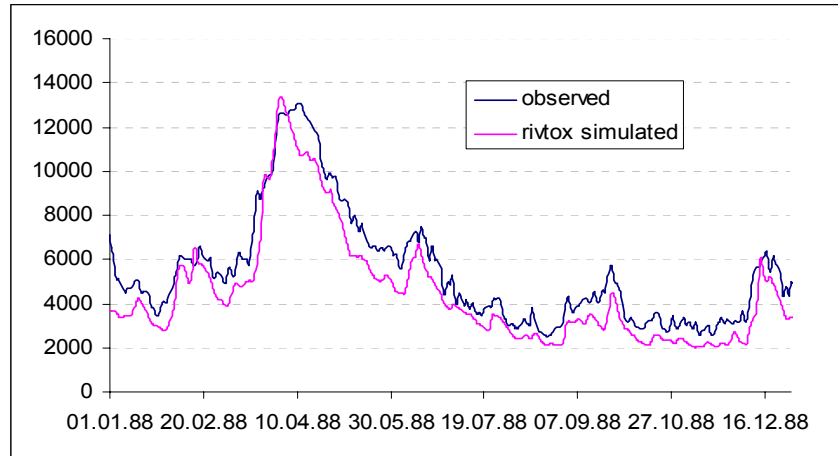


Рис. 3 Верификация смоделированного и измеренного гидрографов в пункте Лом (Румыния), р. Дунай

В качестве сценариев использовались данные которые включают себя концентрации Cs-137 и Sr-90 в следствии гипотетического выброса на атомных станциях в бассейне реки Дунай, метео условия в данном регионе и соответствующие значения расходов в реках. В результате работы цепочки моделей получена динамика распространения радионуклидов в русле реки Дунай и ее притоков.

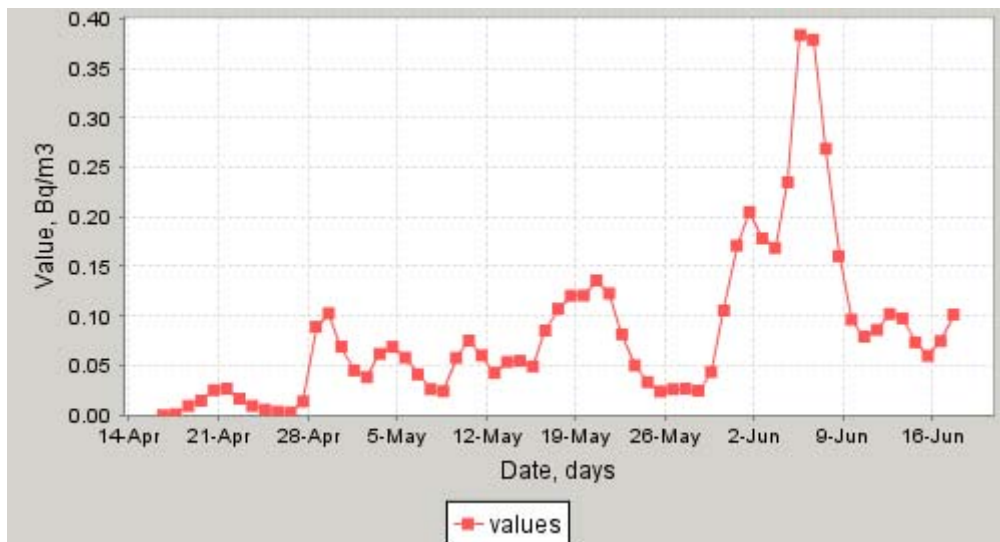


Рис. 4 Рассчитанное содержание Cs-137 в районе Будапешта. Выброс на словацкой станции Богуница



Рис. 5 Рассчитанное содержание Cs-137 в районе Новы Сад (Сербия).
Выброс на словацкой станции Богуница

В результате полного цикла работы системы можно получить четкое представление о динамике распространения радионуклидов в бассейне р. Дунай и использовать результаты в организации оперативного реагирования на чрезвычайные ситуации на атомных станциях, которые расположены в непосредственной близости к реке Дунай.

Литература

1. Description of the Atmospheric Dispersion Module RIMPUFF, RODOS(WG2)-TN(98)-02, April 1999.
2. Heling R., Zheleznyak M., Raskob W., Popov A., Borodin R., Gofman D., Lyashenko G., Marinets A., Pokhil A., Shepeleva T., Tkalich P., 1997. Overview of modelling of hydrological pathways in RODOS. - Radiation Protection Dosimetry, v.73, No.1-4, pp. 67-70.
3. M.Zheleznyak, G.Donchytz, V.Hygynyak, A.Marinetz, G.Lyashenko, P.Tkalich; RIVTOX - one dimensional model for the simulation of the transport of radionuclides in a network of river channels; RODOS-WG4-TN(97)05, 2003.