

Министерство образования Республики Беларусь

Учреждение образования
Белорусский государственный университет
информатики и радиоэлектроники

УДК ____.

Ардяко
Алексея Дмитриевича

**Модели и алгоритмы прогнозирования распространения радионуклидов в
окружающей среде в результате радиационных аварий**

АВТОРЕФЕРАТ

на соискание академической степени
магистра технических наук

по специальности 1-53 01 02 01 – Автоматизированные системы обработки и
отображения информации

Научный руководитель
Шилин Л.Ю.
доктор технических наук,
профессор

Минск 2019

КРАТКОЕ ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время в мире растет число объектов, на которых возможны аварии или инциденты с потенциальной опасностью выхода загрязняющих веществ в окружающую среду. Ввиду того, что происшествия на подобных объектах всегда сопровождаются угрозой жизни и здоровью человека, а также большим материальным ущербом существует потребность создания систем моделирования подобных происшествий на различных этапах развития аварийной ситуации.

Особый интерес для анализа представляют ситуации, когда имеется дефицит исходных данных для моделирования, что характерно для начальной стадии развития аварийного инцидента. Вместе с этим на данной стадии требуется принятие управленческих решений, которые должны минимизировать негативные последствия. Стоит подчеркнуть, что в этом случае особую значимость приобретает время принятия решения, т.к. от этого будет напрямую зависеть величина ущерба.

Моделирование распространения загрязняющих веществ в окружающей среде является трудоемкой задачей, т.к. для этого требуется большое число исходных параметров и расчетов, интерпретация полученных результатов, визуализация и т.д. Поэтому наиболее привлекательным становится реализация соответствующего программного комплекса, использование которого позволяет свести к минимуму время принятия управленческого решения в текущей ситуации.

Исходя из личных интересов автора диссертации, а также высокой актуальности выбранного направления исследования для РБ, было принято решение исследовать модели переноса поллютантов на примере моделирования распространения радиоактивных веществ в окружающей среде при радиационных авариях.

В ходе исследования были проанализированы используемые аналитические модели в этой области, а также программные средства для моделирования, которые используют эти модели. Были рассмотрены документы, которые регламентируют требования к подобным моделям и программным средствам на различных уровнях: от локального до глобального.

После анализа и выбора типа модели для исследования были сформулированы идеи по улучшению существующих моделей. Улучшенная модель была положена в основу реализации программного средства для моделирования переноса радиоактивных веществ и поддержки принятия управленческого решения на раннем этапе развития аварийной ситуации.

Следует подчеркнуть, что благодаря выбранной тематике исследования имеется возможность рассмотреть модель переноса поллютантов в атмосфере как одно из звеньев сквозного моделирования в разработанном программном средстве. Например, в качестве входных параметров могут выступать результаты моделирования изотопного и фракционного состава выброса, а также метеорологической обстановки. В свою очередь результаты моделирования переноса радиоактивных веществ в атмосфере могут выступать входными параметрами для дозиметрических моделей, ГИС-систем, систем поддержки принятия решения и т.д.

Разработанное в рамках исследования программное средство может быть применено при организации системы надзора и мониторинга вокруг АЭС, кризисных центрах МЧС, а также при разработке обоснования санитарных зон вокруг РОО.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Цель и задачи исследования

Область исследований магистерской работы является новой и динамично развивающейся. Модели и алгоритмы прогнозирования распространения радионуклидов в окружающей среде в результате радиационных аварий находится на стыке нескольких областей знаний и требует глубокого погружения в область каждой задачи, которая будет решаться с помощью алгоритмов такого типа. Выбранная тема для исследования в современных реалиях повсеместного внедрения информационных систем прогнозирования распространения является как никогда актуальной, она потенциально может позволить более точные данные расчета модели прогнозирования распространения.

В магистерской работе были поставлены следующие задачи:

1. Проанализировать предметную область, изучить методические пособия расчета рассеяния загрязняющих веществ в атмосфере при аварийных выбросах, методы расчета распространения радиоактивных веществ в окружающей среде и доз облучения населения;
2. Провести сравнительный анализ моделей прогнозирования распространения радионуклидов в окружающей среде;
3. Ознакомиться с документами, которые регламентируют требования к подобным моделям и программным средствам;
4. На основе сравнительного анализа предложить обоснованные улучшения существующих моделей.
5. Провести экспериментальные исследования на основе накопленных данных.

На основании исследования выбранной предметной области, в результате проведенной верификации, был установлен факт достоверности предоставляемых результатов системой моделирования благодаря сравнения с существующими исследованиями, что оправдывает изменения, внесенные в модель.

Также были рассмотрены результаты моделирования аварийных ситуациях. Эти результаты были проинтерпретированы и им дана была оценка с точки зрения последствий. Были произведены сравнения моделей рельефа и разработана новая модель, включающая в себя интерполированные данные моделей SRTM и ASTER GDEM.

Связь работы с приоритетными направлениями научных исследований и запросами реального сектора обеспечения безопасности и прогнозирования распространения загрязнения при аварийных сценариях работы АЭС

В настоящей работе были рассмотрены СППР, которые широко применяются в РФ и во всем мире в плане прогностических оценок радиационных инцидентов.

Несмотря на локальное использование, эксплуатация данных средств является трудоемкой задачей из-за большого количества подготовительных мероприятий перед моделированием (например, подготовка метопровайдера, задание параметров выброса и т.д.). Т.к. при аварийной ситуации время принятия решения является наиболее критичным, существует необходимость создание более автономного программного средства с сохранением адекватности результатов моделирования.

В работе была описана разработка программного средства, которое позволяет провести апробацию измененной гауссовой модели и решить конкретные практические задачи.

Описаны основные этапы разработки и функциональность каждого из модулей. Широко освещена подготовка и импорт исходных данных для моделирования.

Реализованное программное средство может использоваться для проведения исследований в данной области благодаря гибкой реализации и потенциальной возможности внесения изменений в процесс моделирования.

Установлен факт достоверности предоставляемых результатов системой моделирования благодаря сравнения с существующими исследованиями, что оправдывает изменения, внесенные в модель.

Также были рассмотрены результаты моделирования аварийных ситуациях. Эти результаты были проинтерпретированы и им дана была оценка с точки зрения последствий.

Личный вклад соискателя

Результаты, приведенные в диссертации, получены соискателем лично. Вклад научного руководителя Л. Ю. Шилина, заключается в формулировке целей и задач исследования.

Опубликованность результатов диссертации

По теме диссертации опубликовано 4 печатных работы в сборниках материалов международных научных конференций. Из них 2 работы в сборнике материалов Международной очной научно-практической конференции «Безопасность человека и общества: совершенствование системы реагирования и управления защитой от чрезвычайных ситуаций» и 2 работы в сборниках трудов и материалов научных конференций БГУИР.

Структура и объем работы

Диссертация состоит из введения, общей характеристики работы, четырех глав, заключения, списка использованных источников, списка публикаций автора и приложений. В первой главе представлен анализ предметной области, выявлены основные существующие проблемы в рамках тематики исследования, показаны направления их решения. Вторая глава посвящена описанию и анализу моделей распространения радионуклидов в окружающей среде. В третьей главе предложена разработка программной реализации системы принятия управленческого решения на базе локальной модели переноса загрязняющих веществ в атмосфере. В четвертой главе проведена кросс-верификация разработанного программного средства, проведено сравнение с аналогами.

Общий объем магистерской диссертации составляет 97 страниц, включая 24 иллюстрации, 6 таблиц, библиографический список из 16 наименований, два приложения.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ

Во введении рассмотрено современное положение и роль инструментов и алгоритмов моделирования распространения загрязняющих веществ в окружающей среде. Обозначена важность повышения точности математической модели моделирования распространения загрязняющих веществ в окружающей среде.

В первой главе были рассмотрены СППР, которые широко применяются в РБ и во всем мире в плане прогностических оценок радиационных инцидентов. Обзор был сосредоточен на функциональных возможностях данных программных комплексов, используемых в локальном масштабе.

Несмотря на локальное использование, эксплуатация данных средств является трудоемкой задачей из-за большого количества подготовительных мероприятий перед моделированием (например, подготовка метопровайдера, задание параметров выброса и т.д.). Т.к. при аварийной ситуации время принятия решения является наиболее критичным, существует необходимость создание более автономного программного средства с сохранением адекватности результатов моделирования.

Во второй главе был выполнен обзор нормативно-правовой баз РБ в области обеспечения радиационной безопасности населения при радиационных инцидентах на ПОО. Был выполнен обзор моделей атмосферного переноса загрязняющих веществ, а также обоснован выбор гауссовой модели и предложен способ ее модификации.

В третьей главе рассмотрены модели рельефа SRTM и ASTER GDEM, произведен сравнительный анализ на основе данных пространственных растров. Разработано API получения значений высоты рельефа с помощью выборки из пространственной базы данных.

В четвертой главе была описана разработка программного средства, которое позволяет провести апробацию измененной гауссовой модели и решить конкретные практические задачи.

В пятой главе получены результаты верификации модели, с помощью которых был установлен факт достоверности предоставляемых результатов системой моделирования, благодаря сравнению с существующими исследованиями, что оправдывает изменения, внесенные в модель.

Выполненный обзор позволяет сделать вывод о целесообразности внесения изменений в существующие модели и использование новой разработанной модели распространения.

В заключении приведены основные достигнутые результаты и возможные будущие шаги, направленные на развитие области исследования.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе работы над магистерской диссертацией была глубоко изучена проблематика исследования: нормативно-правовая база в области обеспечения радиационной безопасности населения в РБ, проектные описания АЭС, физические процессы, происходящие при аварийных ситуациях, моделирование распространения загрязняющих веществ в атмосфере и др. Также были изучены аналоги

После изучения Гауссовой модели атмосферного переноса было предложено отказаться от точности источника и прийти к учету начального размера облака РВ. Проведенная верификация реализованного на основе изменённой модели переноса программного средства показала состоятельность данного подхода.

При работе над диссертацией и сборе информации проводились консультации с экспертами в данной области. Автор диссертации был участником многочисленных мероприятий, посвященных теме исследования, где была возможность получить экспертную оценку проводимой работе, а также советы по дальнейшему направлению исследований.

Большое внимание уделялось технической стороне реализации программного средства. В частности, был применен модульный подход при реализации некоторых подсистем разработанного средства моделирования, что позволило получить большую гибкость в выборе источников информации, а также выделить разработанные модули в самостоятельные средства, которые решают конкретные практические задачи.

Результаты, полученные в ходе исследования, могут быть использованы как для проведения исследований в данной области, так могут стать и частью системы аварийного реагирования при эксплуатации АЭС. Имеется перспектива интеграции данного средства моделирования с системами наблюдения (например, АСКРОО) [30] для уточнения начальных параметров моделирования. Кроме этого, имеется возможность импорта результатов моделирования исходного изотопного состава и удельных активностей радионуклидов из соответствующих систем.

Важной особенностью полученных результатов является факт того, что при минимуме изменений данная система моделирования может использоваться при прогнозировании переноса других веществ благодаря параметризации диффузных свойств.

Данная работа имеет большой потенциал для дальнейших исследований в проблемной области и для расширения функциональности созданного

программного средства. Возможны улучшения в части скорости проводимых вычислений, использования других моделей и оптимизации реализованных.

СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ

1. Ардяко А. Д. Геоинформационная система для оценки уровня радиоактивного загрязнения / А. Ю. Шамына, А. Д. Ардяко // Компьютерные системы и сети: материалы 54-й научной конференции аспирантов, магистрантов и студентов, Минск, 23 – 27 апреля 2018 г. / Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники. – Минск, 2018. – С. 120 – 121.

2. Ардяко А. Д. Программное средство для моделирования распространения радионуклидов в окружающей среде на основе гауссовой модели / А. Ю. Шамына, А. Д. Ардяко // Информационные технологии и системы 2018 (ИТС 2018) = Information Technologies and Systems 2018 (ITS 2018) : материалы международной научной конференции, Минск, 25 октября 2018 г. / Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники ; редкол. : Л. Ю. Шилин [и др.]. – Минск, 2018. – С. 182 - 183.

3. Ардяко А. Д. Разработка геоинформационной системы для прогнозирования распространения радионуклидов в окружающей среде / А. Д. Ардяко, Лабоха А.К, А. Ю. Шамына // Безопасность человека и общества: совершенствование системы реагирования и управления защитой от чрезвычайных ситуаций: сб. материалов II Международной очной научно-практической конференции. - Минск: УГЗ, 2018. - 199 - 200 с.

4. Ардяко А. Д. Разработка геоинформационной системы для оценки уровня радиоактивного загрязнения территории/ А. Д. Ардяко, А. Ю. Шамына // Безопасность человека и общества: совершенствование системы реагирования и управления защитой от чрезвычайных ситуаций: сб. материалов I Международной очной научно-практической конференции. - Минск: УГЗ, 2017. - 150 - 151 с.