

УДК 004.021:551
DOI 10.17513/snt.40306

ГЕОИНФОРМАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ ДЛЯ ОЦЕНКИ МАСШТАБА И ПОСЛЕДСТВИЙ АВАРИИ НА РАДИАЦИОННО ОПАСНОМ ОБЪЕКТЕ

Юсупова А.Р., Исмагилов М.И., Баракхнина В.Б.,
Исмагилова С.М., Фёдорова Н.В.

*ФГБОУ ВО «Уфимский государственный нефтяной технический университет»,
Уфа, e-mail: verarosental@rambler.ru*

Цель исследовательской работы – автоматизация расчета практической работы студентов, обучающихся в Уфимском государственном нефтяном техническом университете по направлению «Техносферная безопасность», а именно масштаба и последствий радиоактивного заражения. Для достижения поставленной цели проведен сравнительный анализ методик оценки промышленной безопасности радиационно опасных объектов, рассмотрена предметная область (оценка радиоактивного заражения территории), составлены алгоритмы для оценки радиационной обстановки по нормативной документации, проведен анализ существующих решений. Выбраны средства проектирования и инструменты разработки геоинформационной системы, позволяющей оценивать масштаб и последствия аварии на опасном производственном объекте. Приведено функциональное моделирование программного средства, включающее контекстную диаграмму верхнего уровня, а также ее декомпозицию. В результате разработано программное средство, реализующее оценку радиационной обстановки. Разработанный программный комплекс позволяет существенно уменьшить время, необходимое для расчета и графического отображения масштаба, последствий инцидента или аварии, сопровождающихся радиационным заражением местности, прилегающей к опасному объекту. Разработанная геоинформационная система может использоваться для определения размеров зон заражения радиоактивными элементами, последствий облучения персонала и территории, прилегающей к рассматриваемому объекту. Программное средство может быть применено как при составлении плана ликвидации аварии на радиационно опасном объекте, так и в процессе обучения студентов вузов (направление – «Техносферная безопасность»).

Ключевые слова: радиационно опасный объект, геоинформационная система, программное средство, прогнозирование, последствие, масштаб, радиоактивное заражение, промышленная и экологическая безопасность

GEOINFORMATION MODEL FOR PREDICTING THE SCALE AND CONSEQUENCES OF AN ACCIDENT AT A RADIATION-HAZARDOUS FACILITY

Yusupova A.R., Ismagilov M.I., Barakhnina V.B.,
Ismagilova S.M., Fedorova N.V.

Ufa State Petroleum Technological University, Ufa, e-mail: verarosental@rambler.ru

The purpose of the research was to automate the calculation of the practical work of students studying at Ufa State Petroleum Technical University in the field of Technosphere safety, namely, the scale and consequences of radioactive contamination. To achieve this goal, a comparative analysis of methods for assessing the industrial safety of radioactive hazardous facilities was carried out. The subject area (radiation-hazardous objects) is considered, algorithms for assessing the radiation situation according to regulatory documentation are compiled, and an analysis of existing solutions is carried out. The design tools and tools for the development of a geoinformation system have been selected, which makes it possible to assess the scale and consequences of an accident at a hazardous production facility. A functional modeling of the software tool is presented, including a top-level contextual diagram, as well as its decomposition. As a result, a software tool has been developed that implements the assessment of the radiation situation. The developed software package makes it possible to significantly reduce the time required to calculate the scale and consequences of a large-scale radioactive contamination at the facility. Visualization of radioactive contamination zones provides a visual representation of the consequences of accidents at radiation-hazardous facilities. The developed geoinformation system can be used to determine the size of zones of contamination with radioactive elements, the effects of radiation exposure of personnel and the territory adjacent to the object under consideration. The software tool can be used both in drawing up a plan for the elimination of an accident at a radiation-hazardous facility, and in the process of teaching university students ("Technosphere Safety" direction).

Keywords: radiation-hazardous object, geoinformation system, software, forecasting, consequence, scale, radioactive contamination, environmental protection

Введение

Антропогенное радиоактивное излучение наносит непоправимый вред окружающей среде [1]. Пагубное влияние радиационного воздействия затягивается на десятилетия. Поэтому проблемы обеспечения

безопасности в областях, использующих ядерную энергию, стоят особенно остро [2]. Для надежной защиты населения от последствий чрезвычайных ситуаций необходимо быстро оценивать масштаб аварии на опасном производственном объекте (ОПО) [3].

Прогнозирование последствий заключается в определении уровня радиационного облучения населения и ликвидаторов аварии.

Цель исследования – автоматизация расчета практической работы студентов, обучающихся в Уфимском государственном нефтяном техническом университете по направлению «Техносферная безопасность», а именно масштаба и последствий радиоактивного заражения.

Материалы и методы исследования

Для сравнительного анализа были выбраны несколько инструментов проектирования. В качестве базового использовался инструмент моделирования, который автоматизировал процессы проектирования и разработки программных продуктов – Computer-Aided Software Engineering (CASE). Основная цель использования CASE заключается в повышении эффективности выполнения рабочих процессов: сокращении времени и денежных средств на разработку программного обеспечения. ERwin process modeler входит в число CASE инструментов, которые позволяют моделировать бизнес-процессы. Он относится к категории I-CASE. При помощи инструментов ERwin process modeler возможно представить в графическом виде любую структуру и задачу. ERwin process modeler предназначен для создания функциональных моделей программного обеспечения, улучшает взаимопонимание между всеми участниками процессов. В результате сравнительного анализа существующих инструментов моделирования для реализации программного средства (ПС) был выбран язык программирования C# (объектно-ориентированный язык программирования с C-подобным синтаксисом). Синтаксис данного языка программирования схож с синтаксисами таких языков программирования, как C++, Java. В 2023 г. его рейтинг возрос на 2%, что яв-

ляется самым высоким показателем прироста популярности. По мнению аналитиков, велика вероятность того, что C# может войти в топ-3 индекса ТЮВЕ, заменив язык С. Язык C# имеет большую коллекцию поддерживаемых библиотек, что позволяет сэкономить время при разработке приложений.

Результаты исследования и их обсуждение

Для достижения поставленной цели были решены следующие задачи: программная реализация алгоритмов оценки масштаба и последствий крупномасштабного радиоактивного заражения, включающая анимацию взрыва и распространения радиоактивного заражения, а также верификацию результатов; тестирование ПС и внедрение в процесс обучения студентов направления «Техносферная безопасность» [3].

Как показывает сравнительный анализ существующих программных продуктов в интересующей области, выполнить прогноз распространения зон радиоактивного заражения возможно только с помощью нескольких ПС. Рассмотрим некоторые из них.

ПС для прогнозирования масштаба и последствий крупномасштабного радиоактивного заражения [4] имеет интуитивно понятный, дружелюбный интерфейс, но не дает расчета экономической оценки ущерба от аварии на ОПО. Также нет возможности учесть изменение метеоусловий.

ГИС «Панорама» имеет возможность создания и редактирования цифровых карт и планов городов [5]. Она автоматизирует расчет масштаба радиоактивного заражения на местности в результате аварии на радиационно опасном объекте и визуализирует полученные результаты. В основе ГИС лежат карты, полученные со спутника [6]. ПС учитывает неровности поверхности земной коры (горы, холмы, впадины и т.д.) [7]. Окно программы ГИС «Панорама» показано на рис. 1.

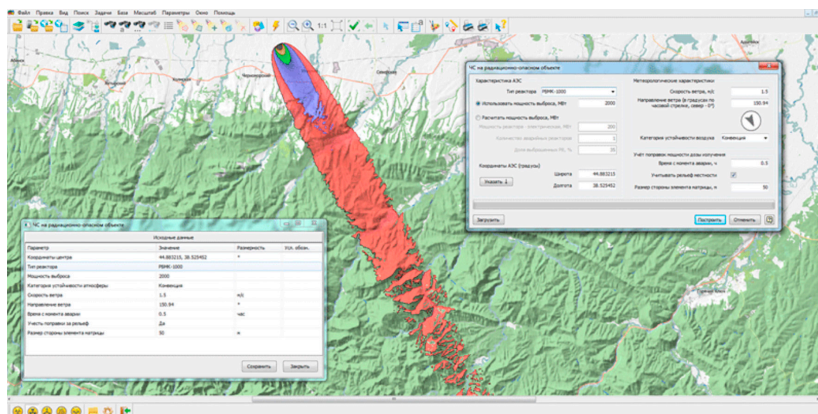


Рис. 1. Окно программы ГИС «Панорама» [5]

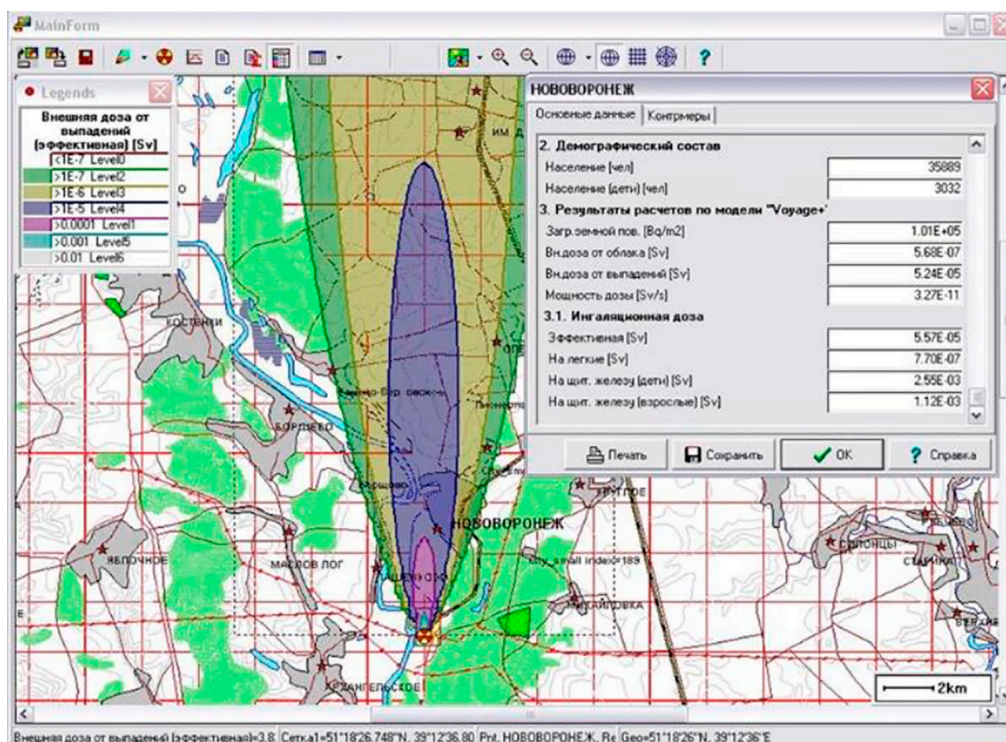


Рис. 2. Окно программного комплекса «НОСТРАДАМУС» [8]

Другой программный комплекс аналогичной направленности, «НОСТРАДАМУС», предназначен для оперативного прогнозирования радиационной обстановки при аналогичных выбросах радиоактивных веществ в атмосферу [8]. Окно программы представлено на рис. 2.

Программный комплекс позволяет аналогично рассчитать радиационные показатели и визуализировать зоны распространения радиоактивного заражения. В отличие от предыдущего ПС, здесь используются планы местности без учета ее пересеченности. В результате получается не совсем точное в отношении плана местности изображение распространения радиоактивного заражения, вызванного аварией на радиационно опасном объекте. «НОСТРАДАМУС» рассчитан на более узкую специализацию. Так, для работы в программном комплексе необходимы знания в области радиоактивной химии.

В результате сравнительного анализа существующих ПС выявлены их общие недостатки: нехватка подсказок для пользователей, мелкий шрифт в некоторых окнах, отсутствие ключевых показаний и представления единиц измерения в некоторых модулях.

На основании результатов анализа предметной области было проведено проектирование ПС. Была построена новая

SADT-модель. Сущность модели – разрабатываемое ПС может более точно прогнозировать масштабы и последствия крупномасштабного радиоактивного заражения: размеры зон опасного и чрезвычайного опасного заражения, дозы облучения людей, радиационные поражения для соответствующих доз. По результатам размеров зон происходит визуализация распространения радиоактивного заражения. Для оценки масштаба по результатам данных радиационной разведки пользователь вводит следующие параметры: тип и мощность реактора, время и дата аварии, ключевые параметры аварии (от момента взрыва), тип укрытия и др.

По введенным данным ПС рассчитывает уровень истинной солнечной инсоляции, класс устойчивости атмосферы, размеры зон заражения, исходя из этих данных происходит визуализация распространения радиоактивного следа. ПС реализует подсчет дозы и радиационного поражения в выбранных пользователем населенных пунктах. При оценке по данным радиационной разведки ПС позволяет быстро рассчитать значение радиационной дозы и соответствующее ей радиационное поражение. На рис. 3 представлена контекстная диаграмма разработанной модели.

Декомпозиция контекстной диаграммы изображена на рис. 4.



Рис. 3. Контекстная диаграмма модели геоинформационной системы для прогнозирования масштаба и последствий радиоактивного заражения [4]

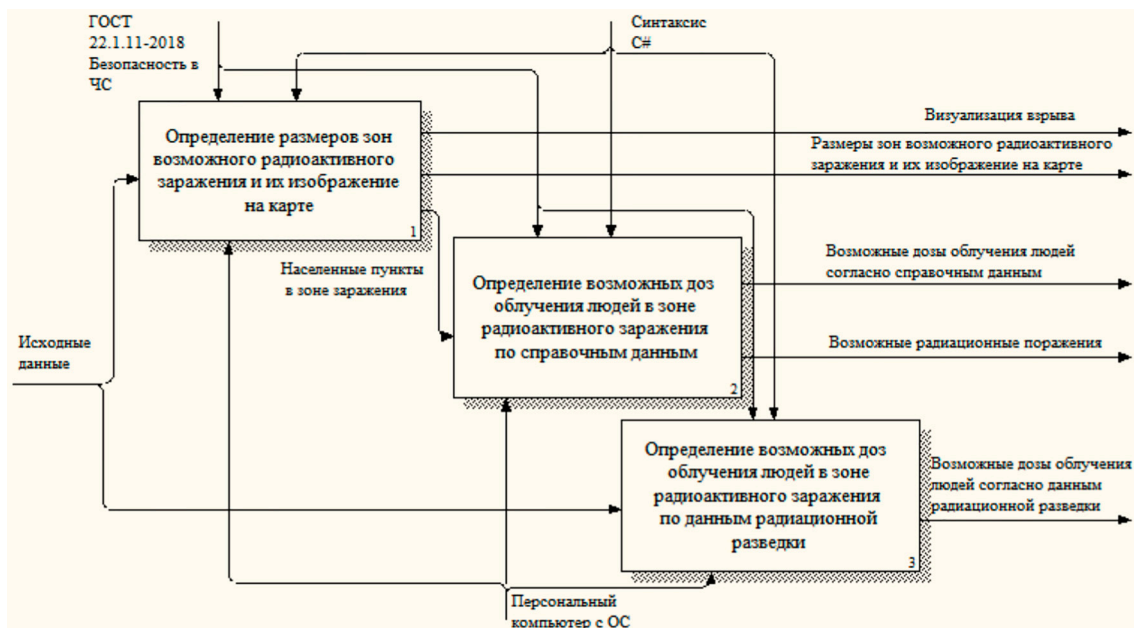


Рис. 4. Декомпозиция контекстной диаграммы модели геоинформационной системы для прогнозирования масштаба и последствий радиоактивного заражения на исследуемом объекте [4]

Возможна оценка радиационной обстановки двумя способами: согласно справочным данным и согласно данным, полученным при радиационной разведке. Наиболее приоритетной задачей является определение зон радиоактивного заражения. Данная задача решается на уровне теории с использованием справочных данных. Задача по определению размеров зон радиоактив-

ного заражения сводится к необходимости соотносить входные условия с табличными значениями. В результате получают значения масштаба в километрах для исходных условий. Следующий пункт – нанесение зон на карту или план местности. Начальной точкой считается объект, на котором произошла гипотетическая авария. В дальнейшем, по определенным размерам и направ-

лению ветра схематически откладываются эллипсы в соответствии с масштабом карты или схемы. Для определения доз облучения и последствий необходимо определить, какие объекты местности попадают под зоны заражения. Следующим этапом будет определение удаленности объектов от источника заражения. Дозы внутреннего и внешнего облучения зависят от удаленности от аварии, количества выброшенного радиоактивного вещества. Как и в предыдущих случаях, оценка производится по справочным материалам – базам данных. По величине поглощенных доз оцениваются последствия для персонала и окружающей среды.

По нормативам, величина дозы облучения ребенка принимается в 2,7 раз выше, чем величина облучения взрослого человека. В результате обобщения методических

рекомендаций был составлен алгоритм, позволяющий произвести оценку радиационной обстановки (рис. 5).

Для определения доз облучения и последствий для населения и ликвидаторов аварии, находящихся непосредственно в зоне радиоактивного заражения, применяется метод оценки радиационной обстановки по данным разведки. Основная идея данного метода – замер мощности радиации на определенное время после аварии позволяет определить мощность дозы гамма-излучений на любой момент после аварии. По величине экспозиционной дозы определяется степень лучевой болезни и ее влияние на здоровье человека. Обобщенный алгоритм оценки радиационной обстановки по данным радиационной разведки приведен на рис. 6.

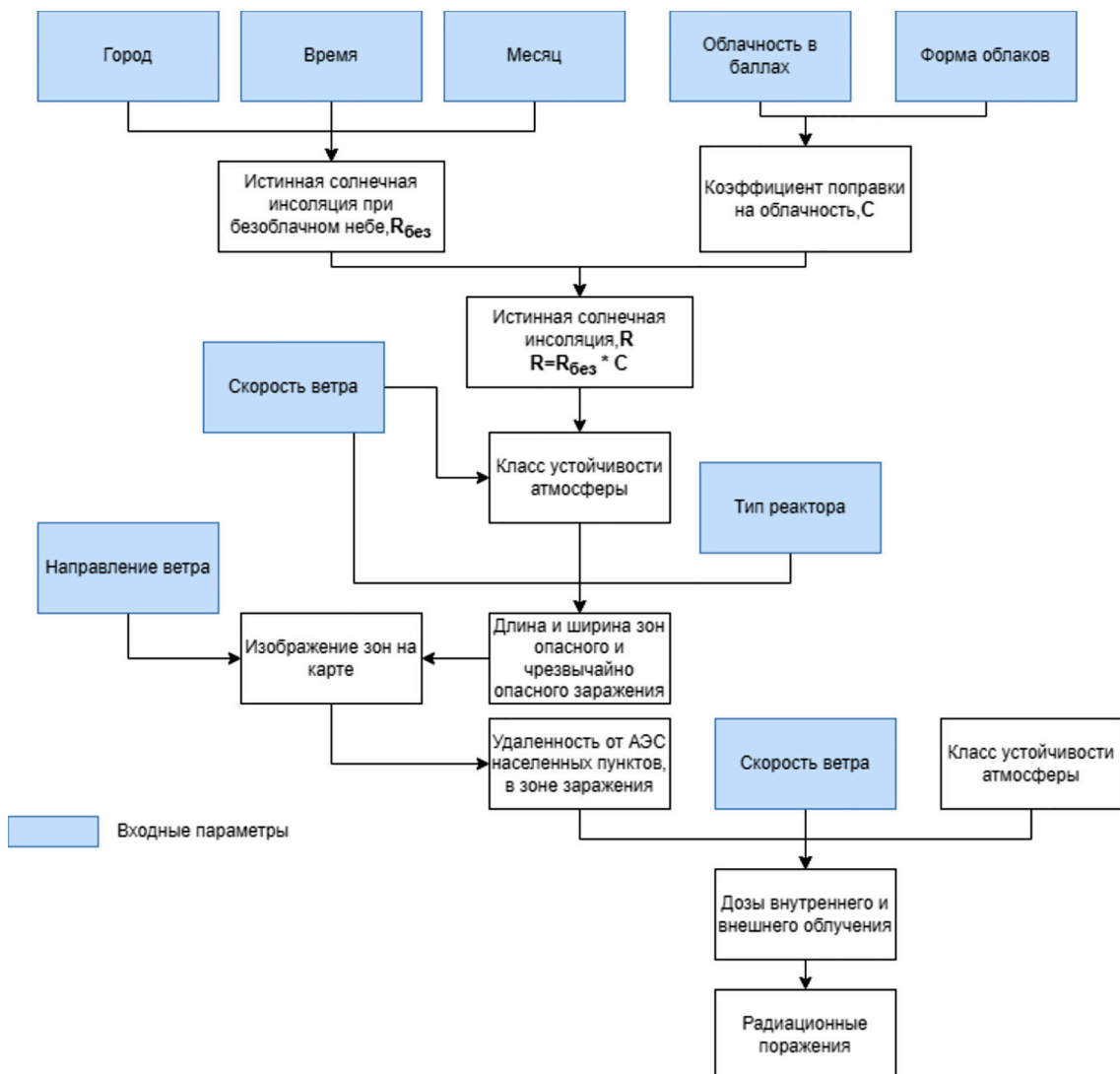


Рис. 5. Алгоритм расчета масштаба и последствий радиоактивного заражения по справочным данным [4]

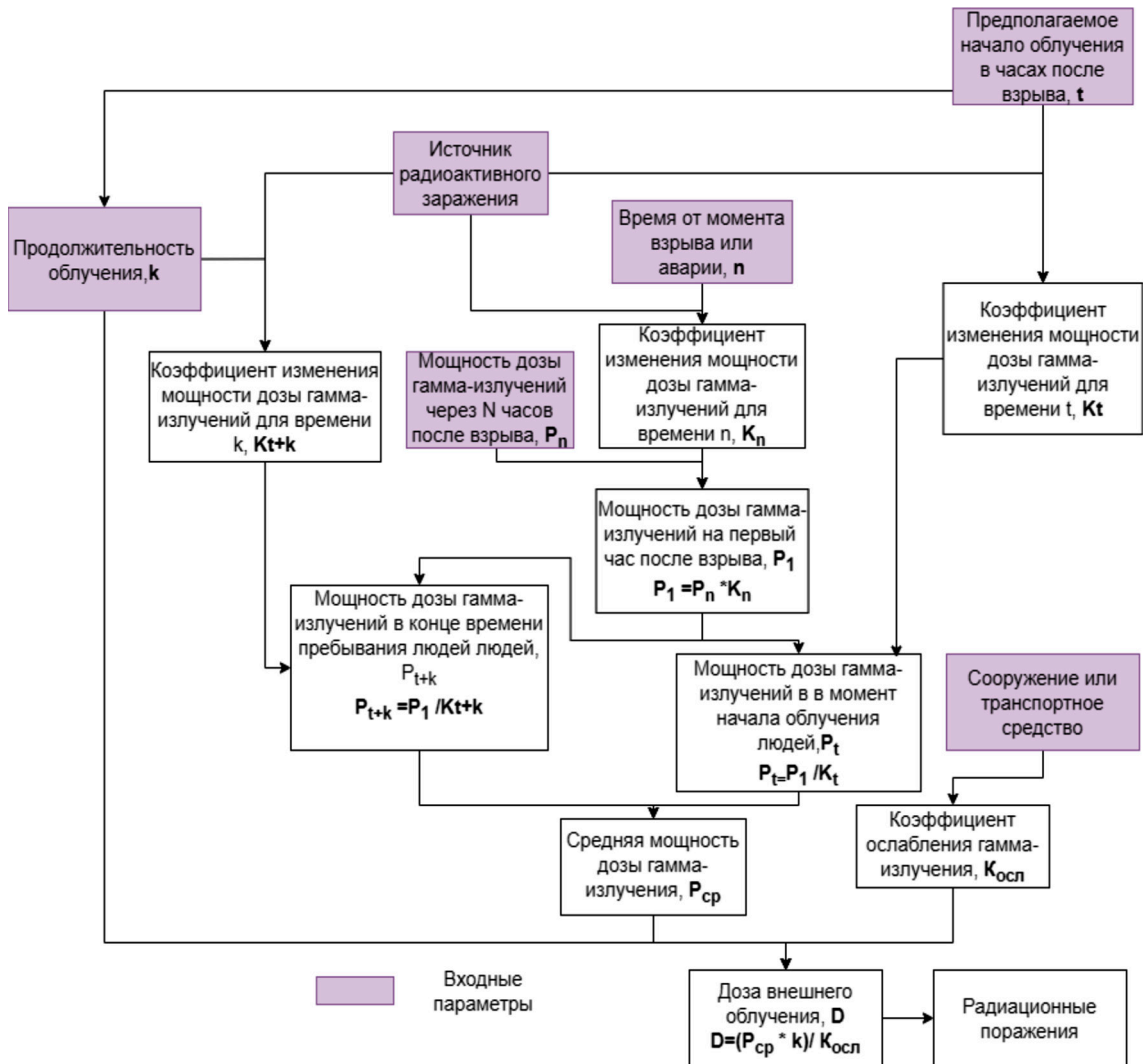


Рис. 6. Алгоритм расчета последствий радиоактивного заражения по данным радиационной разведки [4]

Выберите вариант

- Вариант 1
- Вариант 2
- Вариант 3
- Вариант 4
- Вариант 5
- Сгенерированный вариант
- Ручной ввод

Рис. 7. Элементы RadioButton [3]

Исходные данные для оценки, согласно справочным данным, инициализируют-

ся в классе Task1_parameters. По нажатию на RadioButton, изображенных на рис. 7, соответствующие вариантам, происходит присваивание переменным данных выбранного варианта.

Для хранения справочных материалов, а также значений переменных, необходимых для генерации отчета, используются структуры Dictionary<Key, Value>, которые представляют собой пары ключ – значение. В .NET для словарей предусмотрено два интерфейса IDictionary и IDictionary<TKey, TValue>, как показано на рис. 8.

Исходные данные для пяти готовых вариантов хранятся в структуре Dictionary. Генерация отчета по выполнению практической работы осуществляется при помощи шаблона документа Microsoft Word в формате .docx и закладок (рис. 9).

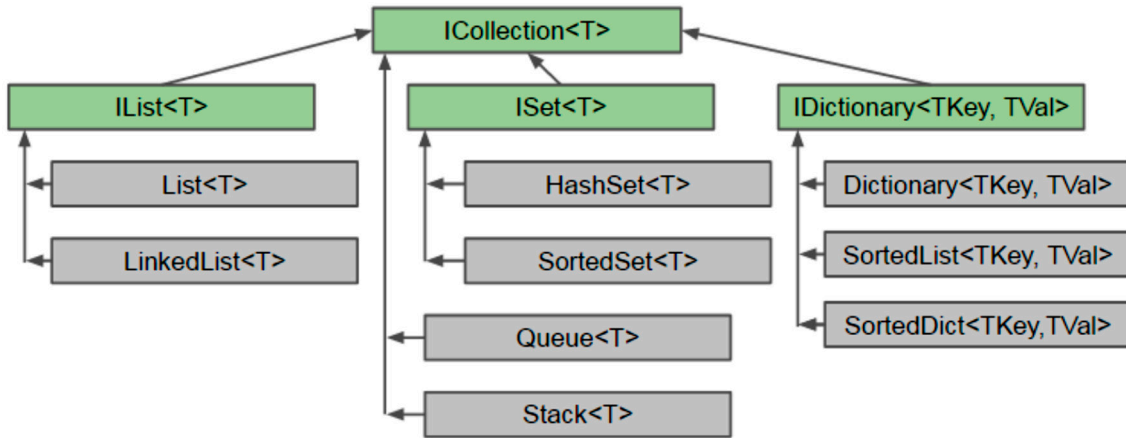


Рис. 8. Иерархия интерфейсов [3]

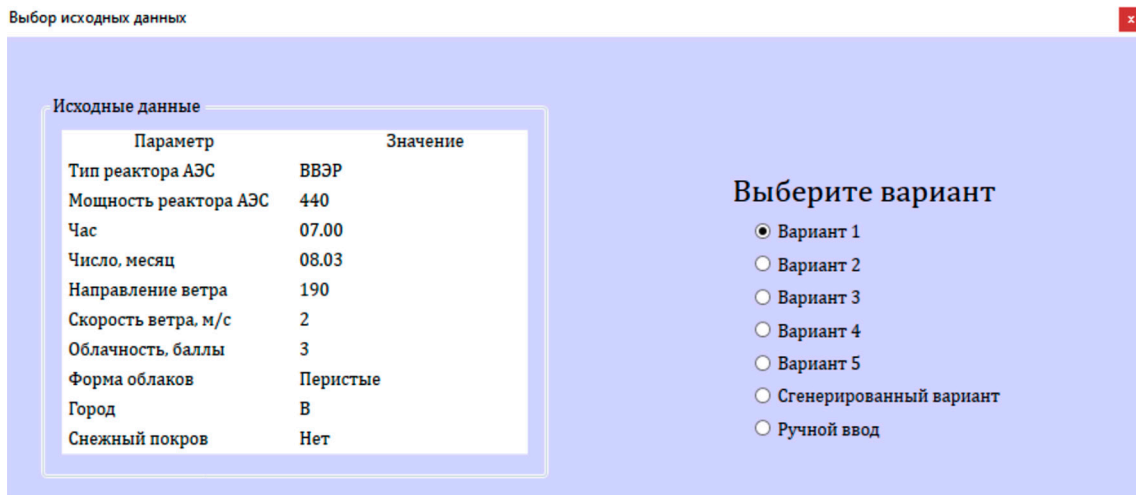


Рис. 9. Закладки в шаблоне отчета [3]

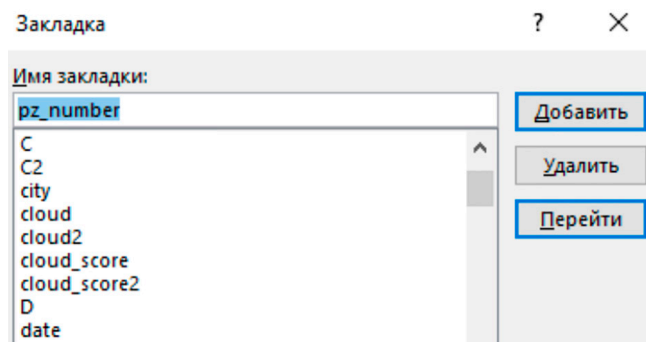


Рис. 10. Выбор исходных данных для оценки согласно справочным данным [3]

На протяжении всех расчетов программа сохраняет необходимые данные для заполнения шаблона в структуру Dictionary, где ключом является строка, соответствующая имени закладки в шаблоне. Для запуска программы необходимо запустить исполняемый файл radiation.exe. После запуска

появляется начальное окно ПС. Навигация в программе осуществляется по стрелкам влево/вправо. Для оценки согласно справочным данным пользователю предоставляется выбор: выбрать из готовых вариантов, сгенерировать вариант или ввести данные вручную (рис. 10).

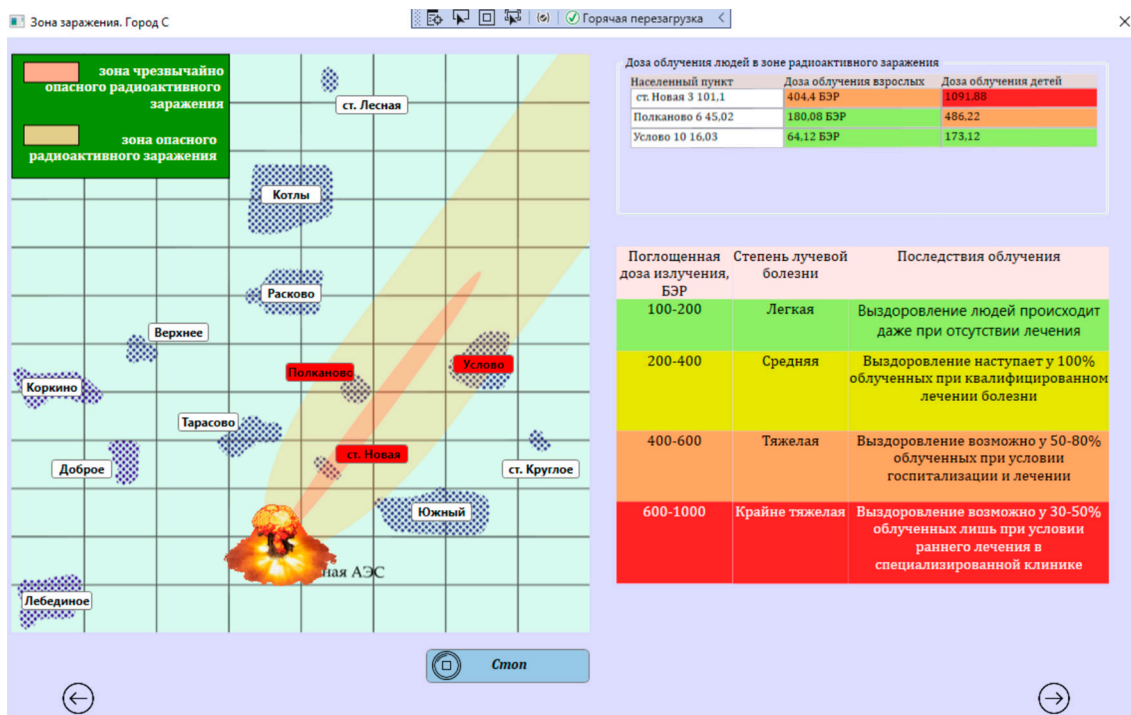


Рис. 11. Визуализация распространения взрыва и зон радиоактивного заражения. Последствия от радиоактивного облучения [4]

По полученным данным, в соответствии с направлением ветра и масштабом заражения, программа визуализирует распространение облака заражения (рис. 11).

По карте пользователь определяет населенные пункты, и по нажатию на кнопки, соответствующие данным населенным пунктам, в таблицу заносится результат о полученной дозе облучения. Эта таблица, в свою очередь, сопоставляется с таблицей нормативных доз облучения и последствий и выделяется цветом, соответствующим тяжести последствия облучения. ПС позволяет моделировать изменение метеоусловий территории воздействия аварии и рассчитывать экономический ущерб от нее.

Заключение

Проведено функциональное моделирование ПС, включающее контекстную диаграмму верхнего уровня, а также ее декомпозицию. В результате разработано ПС, реализующее оценку радиационной обстановки. Разработанное ПС предназначено для автоматизации расчета масштаба и последствий крупномасштабного радиоактивного заражения в соответствии с ГОСТ 22.1.11-2018, а также для визуализации зон радиоактивного заражения. ПС занимает 32 МБ дискового пространства. Не требует установки, подключения к ин-

тернету (десктопное). Для запуска программы необходимо запустить исполняемый файл radiation.exe.

Результатом исследовательской работы является ПС для прогнозирования масштаба и последствий крупномасштабного радиоактивного заражения. Для достижения поставленной цели проведен сравнительный анализ нормативных документов в области промышленной безопасности, выбраны средства проектирования и инструменты разработки. Разработанное ПС позволяет существенно уменьшить время, необходимое для расчета масштаба и последствий крупномасштабного радиоактивного заражения. Визуализация зон радиоактивного заражения дает наглядное представление о последствиях аварий на радиационно опасных объектах. Изображение зон радиоактивного заражения территории, полученное в ГИС, наиболее точно отображает установившийся масштаб аварии. ПС может быть использовано как при составлении плана ликвидации аварии на радиационно опасном объекте, так и в процессе обучения студентов вузов (направление «Техносферная безопасность»).

Список литературы

1. Курындин А.В., Киркин А.М., Ляшко И.А. О необходимости развития проблемно-ориентированных программных средств для поддержки принятия регулирующих

решений в области использования атомной энергии // Ядерная и радиационная безопасность. 2022. № 1 (103). С. 19–31. DOI: 10.26277/SECNRS.2022.103.1.002.

2. Попов Е.В., Пантелеев В.А., Сегаль М.Д., Гаврилов С.Л., Седнев В.А., Лысенко И.А. Анализ информационно-моделирующих систем поддержки принятия решений при реагировании на чрезвычайные ситуации радиационного характера // Технологии техносферной безопасности. 2019. № 2 (84). С. 119–131. DOI: 10.25257/TTS.2019.2.84.119-131.

3. Филиппова А.Г., Филиппов В.Н., Барахнина В.Б., Тяжелникова В.А. Определение ущерба от аварийной утечки нефти и нефтепродуктов. Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ RU № 2024612186. Патентообладатель ФГБОУ ВО «УГНТУ». 2024.

4. Хузина Р.И., Филиппова А.Г., Киреев И.Р. Программное средство для прогнозирования масштаба и последствий крупномасштабного радиоактивного заражения. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2022660978. Патентообладатель ФГБОУ ВО «УГНТУ». 2022.

5. ГИС «Панорама». Комплекс прогнозирования чрезвычайных ситуаций. [Электронный ресурс]. URL: <https://gisinfo.ru/products/emergency.htm> (дата обращения: 17.12.2024).

6. Документация и учебные материалы к геоинформационным системам КБ «Панорама». [Электронный ресурс]. URL: <https://gisinfo.ru/download/doc.html> (дата обращения: 23.12.2024).

7. Чухвачева Ю.Е., Тимофеев А.Н., Агафонова О.В. Обновление локальных участков векторных карт в ГИС «ПАНОРАМА» // Интерэкспо Гео-Сибирь. 2023. Т. 1. № 1. С. 138–144. DOI: 10.33764/2618-981X-2023-1-1-138-144.

8. Губин А.В., Фролов К.Р., Волошак В.И. Неблагоприятные варианты развития ракетно-ядерного кризиса на Корейском полуострове и их влияние на российский Дальний восток // Известия Восточного института. 2020. № 2 (46). С. 29–45. DOI: 10.24866/2542-1611/2020-2/29-45.

9. ГОСТ 22.1.11-2018. Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Методика оценки радиационной обстановки при запроектной аварии на атомной станции. М.: Стандартинформ, 2019. 12 с.