

# ПРОГРАММА «РУМБ» ДЛЯ РАСЧЕТА РАДИАЦИОННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА НАСЕЛЕНИЕ С УЧЕТОМ ПОТРЕБЛЕНИЯ ЗАГРЯЗНЕННЫХ РАДИОНУКЛИДАМИ ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТОВ В СЛУЧАЕ ВОЗНИКНОВЕНИЯ АВАРИЙНЫХ СИТУАЦИЙ

*А. Н. Бахаев, М. В. Журавлева*

ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ», г. Саров

Доклад посвящен программе «РУМБ», применяемой для расчета радиационного воздействия на население с учетом потребления загрязненных радионуклидами пищевых продуктов в случае возникновения аварийных ситуаций

Выбросы радионуклидов в атмосферный воздух вследствие производственной деятельности большинства современных радиационных объектов являются одним из источников поступления радиоактивных веществ в окружающую среду. Изучение источников выбросов проводили фактически с самого начала работ с радиоактивными материалами.

В последнее годы расчетная методика была существенно усложнена, и для дальнейших расчетов потребовалось привлечение ЭВМ, а значит, разработка специальной программы для расчета пятна загрязнения, выброшенного источником в атмосферу.

Главной частью реализованной методики является расчет дозового поля, которое образуется в результате выпадения радиоактивных загрязнений из атмосферы. Расчет пятна загрязнений основан на моделировании переноса выброшенных источником загрязнений в атмосферу.

Алгоритм обоснования границ санитарно-защитной зоны (СЗЗ) радиационных объектов для стационарных источников заключается в получении:

- среднегодового приземного метеорологического фактора разбавления;
- годовой эффективной дозы облучения населения от радиоактивных выбросов;

– границ СЗЗ.

В основе методики обоснования границы СЗЗ лежит требование ограничения облучения населения квотой, установленной для радиационного объекта и не превышающей 1 мЗв.

Среднегодовой метеорологический фактор разбавления радионуклида  $r$  в приземном слое воздуха на расстоянии  $x$  от источника в направлении ветра румба  $n$  рассчитывается по инженерной методике, с учетом холодного и теплого периодов года.

Основными параметрами необходимыми для вычисления среднегодового метеорологического фактора разбавления являются:

- категории устойчивости атмосферы;
- модуль скорости ветра на высоте выброса;
- вертикальная и горизонтальная дисперсии струи примеси;
- высота подъема струи над устьем трубы за счет динамических и термических факторов и т. д.

Формирование дозы облучения населения происходит по прямым и косвенным путям воздействия. К прямым путям облучения относятся: внешнее облучение от содержащихся в атмосфере и отложившихся на почву радионуклидов, и внутреннее облучение, обусловленное радионуклидами, поступившими в организм с вдыхаемым воздухом.

К косвенному пути воздействия относится внутреннее облучение от радионуклидов, попавших в организм вследствие их мигра-

ции по пищевым и биологическим цепочкам (пероральный путь).

Указанная квота облучения населения относится к средней годовой эффективной дозе лиц из критической группы населения. В качестве потенциально критических групп рассматриваются возрастные группы отдельно сельского и городского населения.

Каждая из перечисленных групп населения считается достаточно однородной по основным факторам (время пребывания на открытой местности, защитные характеристики зданий и сооружений, физиологические и метаболические характеристики, возраст, рацион питания и т. д.), влияющим на получаемые дозы от выбросов радиационного объекта.

Расчет годовой индивидуальной эффективной дозы осуществляется методом суперпозиции. Суммируются дозы от всех способов облучения, радионуклидов и источников выброса.

В общем случае граница СЗЗ представляет собой геометрическое место точек, для каждой из которых одновременно выполняются условия, приведенные на соответствующем слайде презентации. В качестве границы СЗЗ принимается граница промплощадки радиационного объекта, если внутри границ промплощадки фактическая доза облучения не превышает 1 мЗв.

Зона наблюдения (ЗН) представляет собой территорию вокруг радиационного объекта, внутренняя граница которой совпадает с границей СЗЗ, а внешняя граница – с окружностью радиуса ЗН. Радиус ЗН радиационного объекта отсчитываются от источника выброса радиоактивных веществ в атмосферный воздух, а при наличии нескольких источников – от их геометрического центра.

Алгоритм расчетного обоснования границ санитарно-защитных зон и зон наблюдения радиационных объектов реализован в виде компьютерной программы, текущая версия которой работает в пакетном режиме, т. е. вся входная информация подготавливается заранее. Начальные данные пред-

ставляют собой набор текстовых файлов различных форматов из различных источников.

На этапе загрузки начальных данных обрабатывается большое количество различных файлов, таких как:

- головной файл данных, который содержит основную информацию по задаче;
- цифровая карта рельефа местности области моделирования;
- контуры зон водной поверхности и т. д.

Расчет начальных данных проходит по следующему алгоритму:

- проходит построение расчетной сетки;
- создание списков с координатами по каждой зоне неоднородности;
- заполнение массивов по каждому источнику и по каждому радионуклиду источника и т. д.

В процессе расчета начальных данных обрабатываются и структурируются измеряемые на метеостанциях данные, такие как:

- скорость приземного ветра;
- общая и нижняя облачность;
- даты образования и разрушения снежного покрова и т. д.

Результатами расчетов задачи являются:

- поля доз облучения от постоянных и периодических источников;
- величина дозы облучения в критической точке местности;
- суммарные поля доз облучения с границами СЗЗ;
- суммарные поля доз облучения с границами ЗН.

Полученное в результате расчетов максимальное значение дозы для рассматриваемого радиационного объекта не превышает значения  $1,069589 \cdot 10^{-6}$  Зв/год, общее поле доз облучения приведено на рис. 1.

В виду не превышения квоты ограничения облучения населения, установленной для радиационного объекта, границы СЗЗ совпадают с границами рассматриваемых производственных площадок.

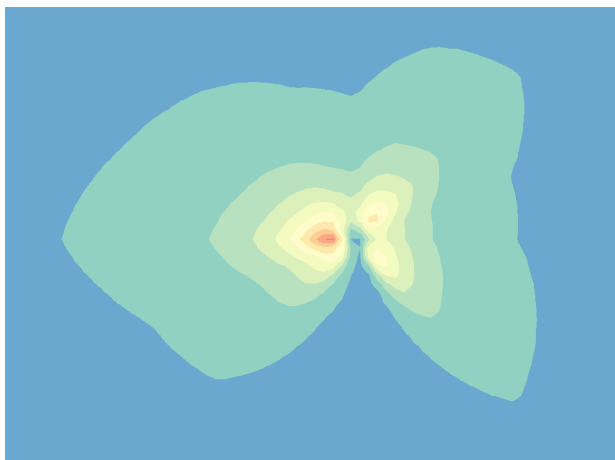


Рис. 1. Общее поле доз облучения

Рассчитанный радиус общей ЗН стационарных источников не превышает 4400 м.

В дальнейшем будет осуществлена верификация и сравнение полученных результатов с экспериментальными данными, снятых с постов наблюдения.

Следующим важным дополнением была реализация методики МПА-98 в рамках программы «РУМБ», для расчета радиационного воздействия на население с учетом потребления загрязненных радионуклидами пищевых продуктов в случае возникновения аварийных ситуаций. В рамках работы была выполнена программная реализация методических указаний по расчёту радиационной обстановки в окружающей среде и ожидаемого облучения населения при кратковременных выбросах радиоактивных веществ в атмосферу (технический документ МПА-98 [1]). Также по созданному программному коду проведены расчеты для источников, возникающих при гипотетических аварийных ситуациях.

Методика МПА-98 позволяет решать ряд следующих задач:

- расчеты возможных экстремальных значений факторов разбавления в атмосфере для разовых выбросов с учетом всех процессов очищения атмосферы и накопления дочерних радионуклидов, динамического и теплового подъема облака выброса по траектории, влияния рельефа местности и аэродинамической тени экранирующего зда-

ния для низких выбросов при ветреных условиях;

- расчеты возможных экстремальных значений интегралов концентрации радионуклидов выброса (материнских и образовавшихся во время переноса дочерних) в атмосферном воздухе на различных расстояниях от источника разового выброса с учетом возможности реализации как ветреных условий, так и штилей;

- расчеты возможных экстремальных значений интегральных выпадений на поверхность земли выброшенных радионуклидов (и их продуктов распада) на местности с учетом ветреных условий и штилей;

- расчет миграции выпавших радионуклидов по наземным пищевым цепочкам, производимый с учетом местных особенностей фенологии растений и рациона питания населения с целью получения экстремальных оценок коэффициента перехода «выпадение из атмосферы – поступление в организм человека» в случае выпадения в наиболее опасный момент вегетации растений;

- расчеты возможных экстремальных значений ожидаемых доз облучения населения от разовых радиоактивных выбросов в атмосферу.

- возможность получить экстремальные оценки разовых концентраций примеси в приземном слое атмосферы при наиболее неблагоприятных условиях рассеяния непрерывных выбросов при работе предприятий в номинале (при непрерывных выбросах).

Методика МПА-98 может применяться для:

- анализа последствий разовых выбросов при планово-предупредительных работах, связанных, например, с дезактивацией основного оборудования и помещений, или в других похожих штатных ситуациях, предусмотренных регламентом работы, при которых производятся разовые выбросы радиоактивных веществ в атмосферу;

- оценки радиационной обстановки на местности, которая может сложиться при проектных авариях;

– проектирования защитных сооружений и установок, достаточных для ограничения проектных выбросов уровнями, при которых аварийными планами не предусматривается проведение каких-либо защитных мероприятий, или если таковые установлены, то непревышение пределов доз для любых проектных аварий;

– обоснования размера и конфигурации санитарно-защитной зоны вокруг предприятия;

– обоснования размеров и конфигурации зон аварийного планирования для аварийных выбросов, не сопровождающихся большими выбросами тепла и объема газовой смеси, которые могут привести к подъему облака выброса за пределы пограничного слоя атмосферы;

– для решения иных задач обоснования безопасности воздействия на окружающую среду проектируемых или реконструируемых предприятий.

Методика МПА-98 не применяется для решения задач управления произошедшей аварией. В этих целях следует применять другие методы и модели оценки ситуации в реальном масштабе времени, учитывающие действительную траекторию распространения облака аварийного выброса и конфигурацию формируемого следа выпадений, период года (с точки зрения момента вегетации растений) и другие факторы влияния. Действие методических указаний не распространяется и на так называемые «горячие» выбросы, сопровождающиеся большими тепловыделениями и (или) объемами выбрасываемой газовой смеси, которые приводят к быстрому подъему облака выброса за пределы пограничного слоя атмосферы. Формулы, позволяющие оценить границу применимости и идентифицировать такие выбросы, в методических указаниях приводятся. Расстояние от места выброса, где репрезентативны результаты расчетов по приведенным в методических указаниях формулам, не превосходит 30 км.

В качестве моделируемой аварии, для которой необходимо произвести расчеты возможных доз на население, была рассмотрена авария с падением самолета на здание реактора, сопровождающаяся разрушением здания и возникающим впоследствии пожаром с выбросом радиоактивных веществ в атмосферу.

Для проведения расчетов была специально создана компьютерная программа, реализующая алгоритмы, изложенные в документе: «Методические указания по расчету радиационной обстановки в окружающей среде и ожидаемого облучения населения при кратковременных выбросах радиоактивных веществ в атмосферу. (Технический документ МПА-98)». Документ введен в действие приказом министра по атомной энергии 10.01.1999.

Основные допущения, используемые для расчетов ожидаемых доз облучения по методике МПА-98:

– при расчете не учитывалось влияние осадков;

– выброс происходит в вегетативный период;

– формулы расчета доз внешнего облучения получены в пренебрежении самоэкранированием органов и тканей и не учитывают различия в возрастных группах;

– при расчете ожидаемых доз по пищевым цепочкам учитывалась молочная цепочка – воздушный путь загрязнения, учитывалась растительная цепочка – воздушный путь загрязнения (зерновые, картофель) не учитывалась мясная цепочка;

– начало выпаса коров 20 апреля, пахота 20–25 апреля, число укусов для средней полосы равно 2;

– для расчета молочной цепочки – воздушный путь загрязнения, учитывалось, что при стойловом содержании коров происходит поступление радионуклидов через траву сенокосов.

На прилагаемых ниже рис. 2 для двух категорий устойчивости атмосферы (А, Д) приводятся дозовые поля ожидаемой эффективной дозы, создаваемой в различных

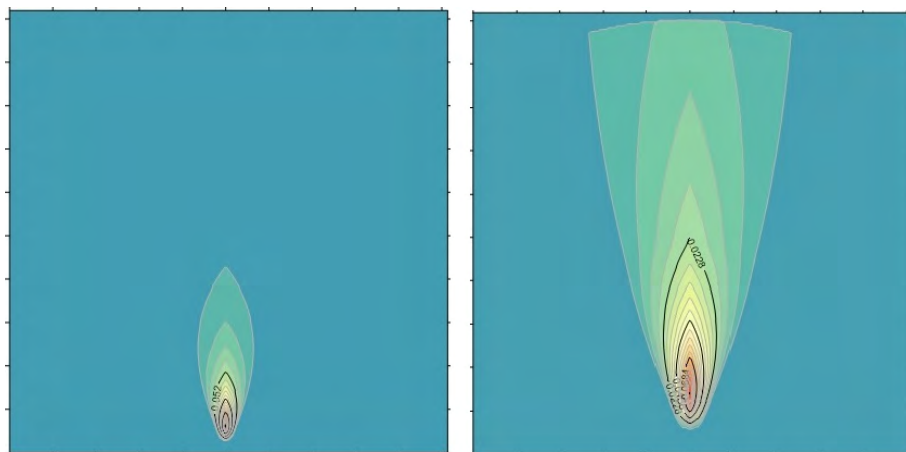


Рис. 2. Дозовые поля для категории устойчивости атмосферы А (слева) и Д (справа)

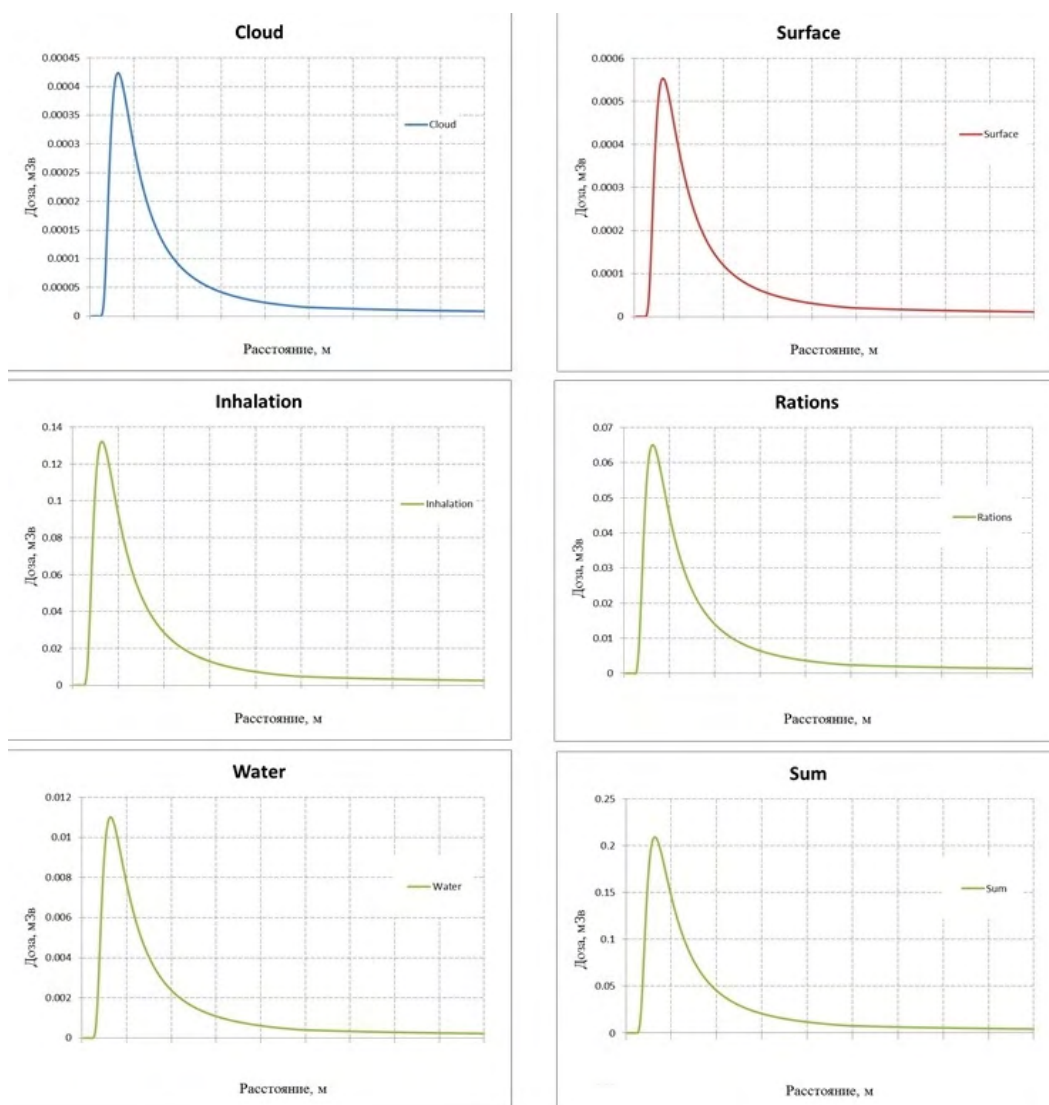


Рис. 3. Графики распределения эффективной дозы для различных путей заражения, Cloud – от облака, Surface – от поверхности, Inhalation – от вдыхания, Rations – от потребления пищи, Water – от потребления воды, Sum – суммарно по всем путям

---

органах или тканях критической возрастной группы (дети до 1 года), за счет: внешнего облучения от облака, внешнего облучения от загрязнений нуклидами поверхности земли, за счет внутреннего облучения от вдыхания радионуклидов в облаке, за счёт загрязнения пищевых цепочек и суммарные дозы. Размерность [Зв]. На рис. 3 приводятся графики распределения ожидаемой эффективной дозы в зависимости от расстояния до источника для различных путей заражения, полученных при различных категориях устойчивости атмосферы для критических групп населения.

### Список литературы

1. МПА-98 Методические указания по расчету радиационной обстановки в окружающей среде и ожидаемого облучения на-

селения при кратковременных выбросах радиоактивных веществ в атмосферу. Приказ Минатома России от 30.12.1998, docs.cntd.ru/document/499075963.

2. Обоснование границ и условия эксплуатации санитарно-защитных зон и зон наблюдения радиационных объектов. Методические указания. МУ 2.6.5.010-2016. Утверждены 22.04.2016, docs.cntd.ru/document/456023320.

3. Об утверждении СанПиН 2.6.1.2523-09 «Нормы радиационной безопасности (НРБ-99/2009)», СанПиН 2.6.1.2523-09 «Нормы радиационной безопасности НРБ-99/2009». Постановление Главного государственного санитарного врача РФ от 07.07.2009 N 47 СанПиН от 07.07.2009 N 2.6.1.2523-09, docs.cntd.ru/document/902170553.