***ТЕМА 6.ЛЕКЦИЯ.* Оценка радиационной обстановки при чрезвычайных ситуациях на радиационно-опасных объектах и при ядерном взрыве**

УЧЕБНЫЕ ВОПРОСЫ:

1. Общие сведения о **Радиационной аварией**

2.Единицы измерения радиации

3.Оценка химической обстановки при авариях на радиационно-химических опасных объектах.

4. Оценка радиационной обстановки

5.Задачи, решаемые при оценке обстановки на радиационно загрязненной местности при авариях на РОО.

# Оценка радиационной обстановки по данным дозиметрического контроля и разведки.

**1.Общие сведения о** **Радиационной аварией**

***Радиоактивные вещества и их активность***

Радиоактивные вещества принято оценивать по их активности.

*Активность* определяется числом распадов, происходящих в данном количестве вещества за единицу времени. Активность изотопа чаще определяется периодом полураспада.

*Период полураспада радиоактивного изотопа —* промежуток времени, за который число радиоактивных атомов данного изотопа уменьшается вдвое. Так, для урана-238 он составляет приблизительно 4,5 млрд лет, а для полония-212 – около 3 · 10-7 с.

Наиболее опасны те радиоактивные вещества, период полураспада которых близок к продолжительности жизни человека. Большую опасность для здоровья человека представляют наиболее распространенные в природе изотопы, например, стронций-90 (имеющий период полураспада 28 лет) и цезий-137 (период полураспада 33 года). Из короткоживущих радиоактивных изотопов наиболее распространен радон-222, составляющий 1/3 естествен- ной радиации. Период его полураспада равен 3,8 суток.

В системе СИ активность измеряется в *беккерелях* (Бк). 1 Бк равен одному распаду ядра в секунду. Часто пользуются внесистемной единицей – кюри (Ки); 1 Ки = 3,7 · 1010 Бк.

Активность в ряде случаев измеряют в милликюри (мКи), составляющей 10-3 кюри, и микрокюри (мкКи) = 10-6кюри.

**Радиационной аварией** называют опасное событие, вызванное частичным или полным вскрытием работающего реактора, в результате которого в воздух выносится парогазовая и твердая фазы, зараженные радионуклидами.

**Ядерной аварией** называется, неконтролируемое течение цепной реакции в ядерном реакторе, приводящее к повреждениям в активной зоне и выбросу радионуклидов.

Опыт радиационных ЧС показывает, что их причинами являются конструктивные недостатки и ошибки операторов. Главными источниками радиоактивного загрязнения являются АЭС, предприятия ядерного цикла, корабли с ядерной энергетической установкой и космические аппараты, а также ядерное оружие при использовании его противником.

Существует несколько видов классификации радиационного характера. Наиболее распространена классификация по МАГАТЭ (в зависимости от общей активности выбросов).

Возможны аварии АЭС без разрушения активной зоны. При этом радиоактивное загрязнение происходит за счет выброса парогазовой фазы с коротко живущими радионуклидами. Высота выброса — 100—200 м, время — до 30 мин. Авария с разрушением активной зоны характеризуется мгновенным выбросом в результате теплового взрыва части содержимого реактора на высоту до 1 км. Далее происходит истечение струи газа при горении графита с периодическими взрывами. Высота истечения — до 200 м, время — до момента окончательной герметизации реактора.

Характер радиоактивного загрязнения зависит от типа реактора, продолжительности его работы, объема выброса (т) и метеоусловий. Поэтому зоны радиоактивного загрязнения имеют свои особенности: длительность загрязнения, сложность конфигурации границ, «очаговый» характер зон и высокие уровни радиации.

Например, при аварии на Чернобыльской АЭС уровни радиации на реакторе составляли 20-34 тыс. Р/ч, у реактора — 100-400 Р/ч и т.д.

Расчет уровней радиации и доз внешнего облучения производится на любое время работы в зоне: рабочая смена, сутки, 10 суток, 1 год. Суммарная зона облучения складывается из доз внешнего и внутреннего облучения.

Федеральный закон «О радиационной безопасности населения» от 5 декабря 1995 г. установил дозовые нагрузки (пределы облучения) для персонала и населения в условиях радиоактивного загрязнения (введены с 1 января 2000 г.).

Например, для производственного персонала годовая эффективная доза равна 20 мЗв (2 бэра) и за период трудовой деятельности (50 лет) — 1000 мЗв (100 бэр); для населения годовая доза равна 1 мЗв (0,1 бэра), а пожизненная доза (70 лет) —70 мЗв (7 бэр).

К радиационно-опасным объектам (РОО) относят атомные электростанции (АЭС), атомные станции теплоснабжения (АСТ), атомные теплоцентрали, предприятия радиохимической промышленности, объекты по переработке и захоронению радиоактивных отходов и др. При авариях на РОО в СНГ в зоне возможного радиоактивного заражения окажется территория с населением 60 млн. человек.

Объекты атомной энергетики относятся к наиболее радиационно-опасным объектам.

Для выработки электроэнергии в СНГ используют два типа ядерных энергетических реакторов (ЯЭР):

ВВЭР - водо-водяной энергетический реактор мощностью 440 и 1000 МВт;

РБМК - реактор большой многоканальной мощности (1000 и 1500 МВт).

Источник получения электроэнергии - управляемая реакция деления урана-235.

Принцип работы АЭС показан на рисунке 1.

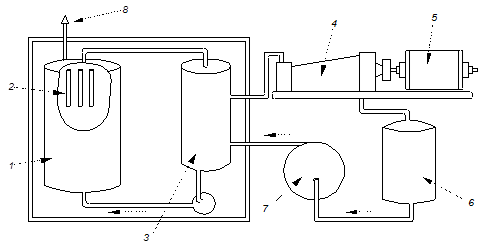


Рис. 1 Принципиальная схема АЭС

Рассмотрим основные принципы работы АЭС.

Источником энергии является атомный реактор 1, снабженный экраном биологической защиты (бетон, сталь, полиэтилен, вода). В качестве замедлителя нейтронов в ЯЭР используются графитовые стержни 2 (реактор РБМК) или тяжелая вода (ВВЭР). Тепловая энергия, вырабатываемая реактором, передается через теплоноситель (расплав калия) парогенератору 3, в котором теплоноситель отдает тепло воде, превращая ее в пар. Перегретый пар вращает турбину 4, к которой присоединен генератор переменного тока 5. Обработанный пар поступает из генератора в конденсатор 6, а затем при помощи циркулярного насоса 7 обратно в парогенератор. Регулирование процесса осуществляется при помощи управляемых стержней 8.

Согласно ГОСТ Р22.0.05-94, радиационно-опасным объектом (далее РОО) считается тот, на котором хранят, перерабатывают, используют или транспортируют радиоактивные вещества, при аварии на котором или его разрушении может произойти облучение ионизирующим излучением или радиоактивное загрязнение людей, сельскохозяйственных животных и растений, объектов народного хозяйства, а также окружающей природной среды.

В соответствии же с Руководством по безопасности Госатомнадзора России (утверждено 11 октября 2000 г.), категория РОО - это его характеристика по степени его потенциальной опасности для населения в условиях нормальной эксплуатации и при возможной аварии.

Руководством по безопасности по потенциальной радиационной опасности РОО делит на следующие категории:

1 категория - РОО, при авариях, на кот орых возможно их радиационное воздействие на население и могут потребоваться меры по его защите;

2 категория - РОО, радиационное воздействие которых при аварии огра-ничивается территорией санитарно-защитной зоны;

3 категория - РОО, радиационное воздействие которых при аварии огра-ничивается территорией РОО;

4 категория - РОО, радиационное воздействие которых при аварии огра-ничивается помещениями, где проводятся работы с источниками излучения.

Среди радиационно опасных объектовнаибольшую группу составляют ядерные реакторы, которые специалистами классифицируются по нескольким признакам. *По назначению*реакторы классифицируются на энергетические, исследовательские, транспортные, промышленные, многоцелевые.

*По энергетическому спектру* нейтроновразличают реакторы на тепловых, быстрых и промежуточных нейтронах. Наиболее освоены сейчас реакторы на тепловых нейтронах. Реакторы на быстрых нейтронах находятся в стадии промышленного освоения. Реакторы на промежуточных нейтронах используются в исследовательских установках.

*По виду замедлителя*реакторы на тепловых нейтронах подразделяются на легководные, тяжеловодные и графитовые. Наилучшей замедляющей способностью обладает обычная вода, наихудшей - графит.

*По теплоносителю*реакторы классифицируются на водоохлаждаемые, газоохлаждаемые и жидкометаллические. Наиболее распространенный теплоноситель - обычная вода.

*По конструктивному исполнению*реакторы подразделяются на корпусные и канальные. Корпусные реакторы создаются в основном с водным теплоносителем под давлением, канальные (преимущественно с кипящей водой).

*По топливу*реакторы классифицируются весьма разнообразно: по обогащению (на природном и обогащенном уране), по агрегатному состоянию топлива (на керамическом топливе, металлическом природном уране, легированном уране).

Принципиально возможны многочисленные типы реакторов. Но практическое распространение получили реакторы нескольких конструкций.

В качестве энергетических реакторов используются: водо-водяные на тепловых нейтронах корпусного типа с водой кипящей (ВК-500, АСТ-500) или под давлением (ВВЭР-440, ВПБЭР-600, ВВЭР-1000), графитовые на тепловых нейтронах с водным теплоносителем кипящим (РБМК-1000, РБМК-1500) , на быстрых нейтронах с натриевым теплоносителем (БН-600, БН-800, БН-1600).

*Энергетические реакторы*в силу своих больших мощностей (440-1500 МВт) представляют наибольшую радиационную опасность при авариях. Наименее безопасными оказались графитовые реакторы. Реакторы на быстрых нейтронах более безопасны, по сравнению с тепловыми реакторами, вследствие того, что натрий имеет высокий коэффициент теплоотдачи и поэтому активная зона реактора охлаждается при рабочем давлении в несколько атм (по сравнению с 150 атм в первом контуре ВВЭР), а это снижает вероятность разгерметизации контура.

Радиационно опасными объектами являются также предприятия добывающей урановой промышленности, ядерно-топливной промышленности, хранилища и склады радиоактивных материалов, транспортные средства с ядерными энергетическими установками и с радиоактивными материалами, исследовательские ядерные реакторы.

Аварии на радиационно опасных объектах протекают в три фазы:

1. Ранняя – от начала аварии до прекращения выброса РВ и окончания формирования следа РЗ на местности (в зависимости от конкретных метеоусловий может быть и в виде «пятен»). Продолжительность фазы – до двух недель. Велика вероятность внешнего облучения от гамма – излучения и бета – частиц, а также внутреннего облучения через воздух, воду, пищу.
2. Средняя – от окончания ранней фазы до принятия мер защиты населения. Продолжительность фазы – несколько лет. При этом источником внешнего облучения являются осевшие на местности РВ.
3. Поздняя – до прекращения проведения защитных мер и отмены всех ограничений.

**2.Единицы измерения радиации**

Количество радиоактивного вещества оценивается его активностью (А).

**Активность радиоактивного вещества** - это число радиоактивных распадов ядер атомов в единицу времени. Системной единицей активности является Беккерель (Бк):

1 Бк - 1 распад в секунду - 2.7\*10-11 Кu.

Внесистемной единицей активности является Кюри (Кu).

**Кюри**- это такое количество радиоактивного вещества, в котором происходит 37 миллиардов распадов ядер атомов в 1 секунду:

1 Ки = 3.7\*10 распадов в секунду = 3.7\*1010 Бк.

Активность вещества, отнесенная к единице массы или объема, называется **удельной активностью** и выражается в Бк/кг, Бк/м3, Ки/кг, Ки/л.

Активность вещества, отнесенная к единице поверхности, называется **плотностью заражения** и выражается в Бк/см2, Ки/км2.

Ионизирующая (разрушающая) способность радиоактивных излучений характеризуется **дозой** - энергией, передаваемой излучением облучаемой массе вещества. Различают *экспозиционную* (Дэксп) и *поглощенную* дозы излучения (Д0).

**Экспозиционная доза излучения** - это количественная характеристика гамма-излучения, выражаемая суммарным электрическим зарядом ионов одного знака, образованных в единице объема воздуха. Единицей экспозиционной дозы в системе СИ является кулон на килограмм (Кл/кг).

Кулон на килограмм - это экспозиционная доза рентгеновского или гамма-излучения, при которой в 1 кг сухого воздуха образуются ионы, несущие заряд 1 Кл электричества каждого знака. 1 Кл/кг = 3876 Р.

Внесистемной единицей экспозиционной дозы гамма-излучения является Рентген (Р).

**Рентген** - это доза гамма-излучения, при котором в 1 см3 сухого воздуха при 0 градусов и 760 мм рт. ст. образуется 2 миллиарда пар ионов, каждый из которых несет заряд равный заряду электрона.

https://studwood.ru/imag_/5/75057/image002.png (1)

Производные Рентгена:

мР = 10-3 Р (миллиРентген);

мкР = 10-6 Р (микроРентген);

1 Кu/км2 = 10 мкР/час.

Дозе 1 Рентген соответствует поглощение 1 граммом воздуха 83 эргов энергии, а 1 граммом биологической ткани - 93 эргов.

Для характеристики ионизирующих излучений введено понятие дозы излучения. Различают три дозы облучения: поглощенная, эквивалентная и экспозиционная.

**Мощность экспозиционной дозы** - это экспозиционная доза излучения, отнесенная к единице времени.

Единица измерения (Дэксп) в системе СИ является кулон на килограмм в секунду:

1 Кл/(кг\*с) = 3876 Р/с.

Несистемной единицей мощности (Дэксп) является Рентген в час, Рентген в секунду:

1 Р/ч = 7,16\*10-8 Кл/(кг/с).

Мощность экспозиционной дозы, измеренная на расстоянии 1 метр от поверхности зараженного объекта, называется **уровнем радиации.**

Для характеристики воздействия ионизирующих излучений на биологические объекты введено понятие **поглощенная доза** (Д).

Поглощенная доза - это энергия любого вида излучений, поглощенная 1 граммом вещества.

Единицей поглощенной дозы в системе СИ является Грей (Гр).

**Грей** - поглощенная доза излучения, при которой вещество массой в 1 кг передается 1 Дж энергии:

1 Гр = 1 Дж/кг = 100 рад = 10000 эргов.

Внесистемной единицей поглощенной дозы является рад.

**Рад** - поглощенная доза, при которой в вещество массой в 1 грамм передается 100 эргов энергии ионизирующего излучения:

1 рад = 100 эрг/г = 0,01 Гр.

Производные рада:

* 1 миллирад (мрад) = 10-3 рад;
* 1 микрорад (мкрад) = 10-6 рад.

**Мощность поглощенной дозы** - поглощенная доза в единицу времени.

Поглощенная доза – энергия, поглощенная единицей массы облучаемого вещества. За единицу поглощенной дозы облучения принимается грей (Гр), определяемый как джоуль на килограмм (Дж/кг).

Соответственно 1 Гр = 1 Дж/кг.

Единица мощности поглощенной дозы в системе СИ - это Грей в секунду:

1 Гр/с = 1 Дж/(кг\*с) = 100 рад/с.

Единица мощности поглощенной дозы несистемная - рад в секунду:

1 рад/с = 0,01 Дж/(кг\*с) = 0,01 Гр/с.

**Единицей эквивалентной дозы в** системе СИ является Зиверт (Зв).

В качестве единицы измерения эквивалентной дозы в системе СИ принят зиверт (Зв). Зиверт – эквивалентная доза любого вида ионизирующего излучения, поглощенная 1 кг биологической ткани и приносящая такой же биологический эффект (вред), как и поглощенная доза фотонного излучения в 1 Гр. Существует также внесистемная единица эквивалентной дозы ионизирующего излучения – бэр (биологический эквивалент рентгена). При этом соразмерность следующая: Дэкв = Дпогл × Ккач или 1 Зв = 1 Гр × Ккач;

1 Зв = 100 рад × Ккач = 100 бэр.

Таблица 1 - Значения К кач для разных видов ионизирующего излучения

|  |  |
| --- | --- |
| Вид излучения | Коэффициент качества (Ккач) |
| Рентгеновское и гамма-излучения  Электроны и позитроны, бета-излучение  Протоны  Нейтроны тепловые  Нейтроны быстрые  Альфа-частицы и тяжелые ядра отдачи | 1  1  10  3  10  20 |

**Зиверт** - это эквивалентная доза любого вида излучений, поглощенная 1 килограммом биологической ткани, создающая такой же биологический эффект, как и поглощенная доза в 1 Грей гамма-излучения:

https://studwood.ru/imag_/5/75057/image003.png

Внесистемной единицей эквивалентной дозы является бэр.

**Бэр** - поглощенная доза любого вида излучений, которая при хроническом облучении вызывает такой же биологический эффект, что и 1 рад рентгеновского или гамма-излучения:

https://studwood.ru/imag_/5/75057/image004.png.

**Радиационная обстановка** - это масштабы и степень радиационного заражения местности (РЗМ) и атмосферы, оказывающего воздействие на жизнедеятельность населения и условия проведения спасательных и др. неотложных работ.

Существуют различные методики оценки РО. Мы рассмотрим оценку радиационной обстановки на АЭС.

Оценка радиационной обстановки состоит в определении характеристик радиоактивного заражения местности и приземного слоя атмосферы и влияния их на жизнедеятельность населения.

К характеристикам радиоактивного заражения относятся:

* уровни радиации;
* дозы внешнего гамма облучения;
* дозы внутреннего облучения при ингаляционном поступлении РВ;
* доза внешнего облучения при преодолении следа облака;
* суммарная доза облучения;
* доза облучения щитовидной железы;
* плотность заражения местности;
* время формирования следа РО облака;
* границы зон радиационного загрязнен6ия местности (РЗМ).

Для оценки влияния этих характеристик на жизнедеятельность населения определяют:

* возможные потери людей, сельскохозяйственных животных и соответствующие режимы защиты;
* допустимое время начала работ на загрязненной территории;
* допустимое время пребывания на загрязненной территории.

Оценка радиационной обстановки осуществляется с целью определения влияния РЗ на деятельность объектов экономики и населения, выбора и обоснования оптимальных режимов их деятельности, исключающих или максимально уменьшающих лучевые поражения людей, животных и растений.

Все расчеты, связанные с оценкой РО, выполняются службами противорадиационной и противохимической защиты с привлечением специалистов заинтересованных служб и служб ГЗ.

На основе дозовых пределов, установленных нормами радиационной безопасности (НРБ-99 (СП 2.6.1.758-99)) установлено следующее зонирование на восстановительной стадии радиационной аварии (по мощности дозы):

* 1 зона -- зона радиационного контроля -- от 1 мЗв до 5 мЗв;
* 2 зона -- зона ограниченного проживания населения -- от 5 мЗв до 20 мЗв;
* 3 зона -- зона отселения-- от 20 мЗв до 50 мЗв;
* 4 зона -- зона отчуждения -- более 50 мЗв.

Кроме того, при обнаружении локальных, радиоактивных загрязнений существуют **уровень исследования**источника (от 0,01 до 0,3 мЗв/год), при котором требуется выполнить исследование источника с целью уточнения оценки величины годовой эффективной дозы и определения величины дозы, ожидаемой за 70 лет, и **уровень вмешательства**(более 0,3 мЗв/год), при котором требуется проведение защитных мероприятий с целью ограничения облучения населения. Решение о необходимости таких мероприятий, а также о характере, объеме и очередности последних принимается органами Ростехнадзора.

Самопроизвольный распад атомов называется радиоактивностью, а вещества подверженные самопроизвольному распаду – радиоактивными. Ядра атомов радиоактивных веществ распадаются и переходят в более устойчивое состояние, испуская при этом невидимое излучения, обладающие проникающей и ионизирующей способностью. Невидимые излучения могут состоять из потока альфа-, бета-частиц и гамма-квантов.

Альфа-частицы – представляют собой ядра атомов гелия (с двумя положительными зарядами). Они вылетают из ядер атомов со скоростью 10-20 тысяч км/сек и способны проникать через слой воздуха толщиной в несколько сантиметров. В твердых веществах их путь пробега короче. Алюминевая пластина 0.05 мм и бумага способны задерживать альфа-частицы. Проходя через любую среду альфа – частицы ионизируют эту среду.

Бета-частицы- представляют собой электроны внутриядерного происхождения (с одним отрицательным зарядом). Скорость движения их достигает скорости света 270-290 тысяч км/сек. Проникающая спосбность значительно больше – до 20 метров в воздухе и алюминевая пластина до 3 мм

Гамма – лучи имеют такую же природу, как рентгеновые лучи. Но обладают значительно большей энергией. Скорость распространения составляет 300 тысяч км/сек. Длина пробега значительно больше и составляет- в воздухе несколько сот метров. Способны проникнуть сквозь толстые слои многих веществ.

Различают естественную и искусственную радиоактивность.

Естественной называют радиоактивность радиоактивных элементов и их изотопов, встречающихся в природе: урана, радия, полония и др.

Искусственной называют радиоактивность, полученную искусственным путем в результате поглощения ядрами устойчивых элементов сбоводных нейтронов и других частиц различных энергий (альфа-частиц, протонов и др).

При радиоактивном распаде выделяется энергия, называемая внутриядерной или атомной.

Вещества, способные создавать ионизирующие излучения, различаются активностью (А), т.е. числом радиоактивных превращений в единицу времени. В системе СИ за единицу времени принято одно ядерное превращение в секунду (распад/с). Эта единица получила название беккерель (БК).

Степень, глубина и форма лучевых поражений, развивающихся среди биологических объектов при воздействии на них ионизирующего излучения, в первую очередь зависит от величины поглощенной энергии излучения или поглощенной дозы (Дпогл).

В радиобиологии и радиационной гигиене широкое применение получила внесистемная единица поглощенной дозы – рад. Рад – это такая поглощенная доза, при которой количество поглощенной энергии в 1 г любого вещества составляет 100 эрг независимо от вида и энергии излучения. Соразмерность, грея и рада следующая: 1 Гр = 100 рад.

В связи с тем, что одинаковая поглощенная доза различных видов ионизирующего излучения вызывает в единице массы биологической ткани различное биологическое действие, введено понятие эквивалентной дозы (Дэкв), которая определяется как произведение поглощенной дозы на средний коэффициент качества действующих видов ионизирующих излучений. Коэффициент качества (Ккач) характеризует зависимость неблагоприятных биологических последствий облучения человека от способности ионизирующего излучения различного вида передавать энергию облучаемой среде. По существу, биологические эффекты, вызываемые любыми ионизирующими излучениями, сравниваются с эффектами рентгеновского и гамма-излучения.

Для оценки эквивалентной дозы, полученной группой людей (персонал объекта народного хозяйства, жители населенного пункта и т. п.), используется понятие коллективная эквивалентная доза (Дэкв.к.) – это средняя для населения доза, умноженная на численность населения (в человеко-зивертах).

Понятие экспозиционная доза (Дэксп) служит для характеристики рентгеновского и гамма- излучения и определяет меру ионизации воздуха под действием этих лучей. Она равна дозе фотонного излучения, при котором в 1 кг атмосферного воздуха возникают ионы, несущие заряд электричества в 1 кулон (Кл). Соответственно Дэксп = Кл/кг.

Внесистемной единицей экспозиционной дозы рентгеновского и гамма-излучения является рентген (Р). При этом соразмерность следующая:

1 Р = 2,58 × 10-4 Кл/кг или 1 Кл/кг = 3,88 × 103Р.

Поглощенная, эквивалентная и экспозиционная дозы, отнесенные к единице времени, носит название мощности соответствующих доз. Например:

1. Мощность поглощенной дозы (Рпогл) – Гр/с или рад/с.
2. Мощность эквивалентной дозы (Рэкв) – Зв/с или бэр/с.
3. Мощность экспозиционной дозы (Рэксп) – Кл/(кг×с) или Р/с.

Для упрощенной оценки информации по однотипному ионизирующему излучению можно использовать следующие соотношения:

1 Гр = 100 бэр = 100 Р = 100 рад = 1 Зв (с точностью до 10 – 15%);

1. Радиоактивное загрязнение плотностью 1 Ки/м2 эквивалентно мощности экспозиционной дозы 10 Р/ч, или мощность экспозиционной дозы ионизирующего излучения 1 Р/ч соответствует загрязнению в 10 мкКи/см2.

Защита персонала и населения от радиации состоит в зонировании и установлении основных гигиенических нормативов (допустимые пределы доз) облучения в результате использования источников излучения на территории Российской Федерации:

* для населения средняя годовая эффективная доза равна 0,001 зиверта (1мЗв) или эффективная доза за период жизни (70 лет) – 0,07 зиверта (70мЗв);
* для работников средняя годовая эффективная доза равна 0,02 зиверта (20 мЗв) или эффективная доза за период трудовой деятельности (50 лет) – 1 зиверт (1000 мЗв).

Для определения возможных потерь следует знать, что аварии на РАОО оцениваются по семи балльной шкале, принятой МАГАТЭ (Международное агентство по атомной энергии), к первой степени опасности относятся АЭС, ко второй – НИИ с ядерными реакторами и стендами и т.д.

4. **Оценка радиационной обстановки**

**Оценка радиационной обстановки**- это анализ последствий радиоактивного загрязнения окружающей среды и выбор наиболее целесообразных действий формирований ГО, производственной деятельности объектов экономики и мер по защите населения, при которых исключаются или максимально снижаются радиационные потери и поражения людей.

Основными **факторами** радиационного воздействия на людей в зонах радиоактивного загрязнения являются гамма- и бета- излучения продуктов деления. Возможно также действие альфа- излучателей, если из-за особенностей реактора и аварии происходит значительный выброс плутония.

При поступлении во внешнюю среду только радиоактивных благородных газов (РБГ) - аргон, криптон, ксенон - радиационная опасность обуславливается только внешним гамма - излучением при прохождении радиоактивного облака.

Во всех других случаях радиационная обстановка и степень радионуклидной опасности ( т.е. внешнего и внутреннего облучения) определяются количеством и радионуклидным составом выброшенных продуктов деления, расстоянием до места аварии, метеорологическими, гидрологическими и почвенными характеристиками, временем года и другими условиями.

Радиационная обстановка и ее оценка в значительной степени определяется этапом аварии.

**На раннем этапе аварии** проводится так называемая экстренная оценка обстановки и прогнозируется возможный масштаб аварии. Для этого необходим следующий объем сведений:

-количественная характеристика выброса и радионуклидный состав;

-пути выброса и его длительность;

-метеорологические условия на момент аварии (в том числе направление и скорость ветра на высоте выброса).

Для уточнения предварительных расчетов проводятся дозиметрические измерения. Кроме гамма-излучения определяется изотопный состав выброса. На основании расчетных данных и дозиметрических измерений принимаются меры по защите населения.

**На промежуточном этапе**проводится уточнение радиационной обстановки определяются уровни загрязнения местности и возможные дозы внешнего облучения. На этом этапе расширяется фронт работ по оказанию помощи населению, проводится дезактивация, вывоз материальных ценностей и другие работы. Так как формирования работают используя СИЗ, то основной опасностью для личного состава будет внешнее излучение.

Оценка радиационной обстановки может производиться методом прогнозирования ( до выпадения радиоактивных осадков ) или по данным радиационной разведки ( оценка фактической радиационной обстановки после выпадения осадков ).

**5. Задачи, решаемые при оценке обстановки на радиационно загрязненной местности при авариях на РОО**.

При оценке радиационной обстановки решаются следующие **основные задачи:**

1.Определение уровней радиации на загрязненной местности на заданное время.

2.Определение доз облучения, получаемых людьми за время пребывания на загрязненной местности.

3.Определение допустимого времени пребывания людей в зонах радиоактивного загрязнения.

4.Определение допустимого времени начала работ или преодоления загрязненной местности.

5.Определение режимов радиационной защиты рабочих, служащих и производственной деятельности ОНХ.

6.Определение возможных радиационных потерь (поражений) в зонах радиоактивного загрязнения.

7.Определение степени загрязнения техники, транспорта, оборудования и т. п.

Перечисленные задачи решаются как при авариях на РОО, так и при ядерном взрыве. При авариях на РОО, кроме того, определяется радионуклидный состав выброса (перечень элементов) и коэффициент скорости распада радионуклидной смеси.

# 6.Оценка радиационной обстановки по данным дозиметрического контроля и разведки.

## *Подготовительные операции*

## Определение скорости распада смеси радионуклидов n при известном времени аварии.

Оценка радиационной обстановки по результатам замеров, полученных при дозиметрическом контроле (разведке) местности, начинается с определения скорости распада смеси радионуклидов, что обеспечивает возможность использования основного выражения (1) при решении всех задач, решаемых при оценке обстановки.

Значение коэффициента *n*зависит от состава радионуклидов в аварийном выбросе, произошедшем на радиационно опасном объекте (РОО).

При аварийных выбросах из реактора радионуклидный состав будет зависеть от многих факторов - типа реактора, времени его работы до аварии, характера выброса и других, поэтому значение коэффициента *n*заранее неизвестно, но его можно определить по данным радиационного контроля после выпадения осадков.

## *Определение уровней радиации* *при неопределенном времени начала отсчета*.

В случаях, когда при аварии происходит несколько выбросов (например, при аварии на ЧАЭС произошло три крупных выброса с интервалом в несколько дней), ни одно из времен отдельного выброса или их среднее нельзя принимать за время начало отсчета (время аварии). Это связано с тем, что состав каждого отдельного выброса при этом учитываться не будет, поэтому для учета суммарного воздействия от всех выбросов следует произвести несколько замеров и по их результатам попытаться определить параметры осредненной (суммарной) кривой спада уровня радиации.

# *3.Определение уровней радиации на загрязненной местности на заданное время (Приведение уровней радиации к одному времени после аварии).*

При проведении дозиметрического контроля местности в различных ее точках фиксируются уровни радиации в определенные, произвольно складывающиеся, моменты времени. Для удобства нанесения зон загрязнения на карту и решения задач по оценке обстановки уровни радиации целесообразно приводить к конкретному времени: на 1 час после аварии, на 2, 3 и т. д. часа.

## *4.Определение доз облучения, полученных за время пребывания на загрязненной местности.*

В соответствии с принятым положением о том, что уровень радиации может быть принят равным мощности поглощенной дозы, интегрированием получаем выражение для расчета доз:

***5. Определение допустимого времени пребывания людей в зоне радиоактивного загрязнения*.**

Изложенная методика может быть использована в начальное время после аварии, главным образом на промежуточном этапе, для формирований, ведущих АСДНР, или других лиц, которые, находясь на загрязненной местности, используют СИЗ и подвергаются только внешнему облучению.

На восстановительном этапе, когда облучение определяют несколько (2-3) наиболее долгоживущих изотопа (короткоживущие распались или не играют заметной роли), выражение (1) не обеспечивает достаточной точности и для расчетов не применяется. На этом этапе расчеты проводятся для каждого из оставшихся радионуклидов отдельно, а полученные результаты для внешнего облучения суммируются.

При прогнозировании возможных потерь необходимо учесть следующие факторы:

* степень опасности РАОО;
* тип ядерного реактора;
* количество продуктов (радионуклидов) в выбросе;
* розу ветров (господствующие направления ветра);
* разработку мероприятий по предотвращению и ликвидации последствий аварий на РАОО;
* оперативность сил и средств МЧС и ГО.

При выполнении мероприятий руководствуются тем, что различают опасность причиняемую «короткоживущими» (йод – 131) и «долгоживущими» (стронций, цезий) радионуклидами. Этот учитывается при зонировании территорий вокруг РАОО.

1-я зона - это зона экстренных мер защиты – территория, на которой доза внешнего облучения всего тела не превышает 75 бэр, внутреннего облучения – 250 бэр. Это 30 километровая зона вокруг АЭС.

2- я зона - это зона профилактических мероприятий – территория, на которой доза внешнего облучения всего тела не превышает 25 бэр, внутреннего облучения – 90 бэр.

3 –я - это зона ограничений – территория, на которой доза внешнего облучения всего тела не превышает 10 бэр, внутреннего облучения – 30 бэр.

Для определения возможных потерь следует использовать таблицу пересчета уровней радиации с одного времени, произошедшего после аварии на другое время и средние статистические данные по условиям погоды и максимально возможный РА выброс.

В качестве эксперимента рассмотрим вероятность возникновения аварии на заводе хим. Концентрации . Время аварии –1час 30 мин. Мощностью 1МВт с выбросом 10% РВ на высоту 200 м. На оси следа могут оказаться объекты экономики и жилые дома с населением. Средняя скорость ветра – Ю-З 3 м/с. Требуется составить прогноз радиационной обстановки и ожидаемые потери среди персонала и населения, если продолжительность облучения составила 10 часов.

Решение:

1. Мгновенный выброс части радиоактивных (РА) продуктов в момент аварии и последующее излучение происходит до 2 недель. Доля продуктов РА, поступивших в атмосферу при мгновенном выбросе, составляет – 25 % и при последующем –75 % от общей активности радионуклидов.
2. Время начала облучения персонала и населения рассчитывается по формуле: t = R /V. Если определить это расстояние по карте, с учетом направления ветра, то R =10 км. Следовательно, радиоактивное облако пройдет это расстояние за: t =10/3,6· 3, что составит 55 минут.
3. Доза ингаляционного (внутреннего) облучения определяется по формуле:

Двнт = 200 Wэл R ²ºº , (2)

где Wэл – электрическая мощность, МВт;

R – расстояние от места аварии.

Двнт = 2 · 1· 10 = 3,45 Гр – для расстояния 10 км. Таблица 2 дает возможность определить дозу ингаляционного облучения конкретно для каждого объекта или жилого дома с учетом типа его постройки и коэффициентом ослабления.

Таблица 2 - Дозы внутреннего (ингаляционного) поражения людей, Гр

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Эл. Мощн,  МВт | 11км | 22км | 33км | 44км | 55км | 66км | 77км | 88км | 98км | 110км |
| 1 | 110 | 99.22 | 88.31 | 77.43 | 66.55 | 66 | 55.56 | 45.93 | 44.21 | 33.45 |

4. На карту наносят зоны вероятного ингаляционного поражения людей в соответствии с таблицей 3 положения ОЭ, жилых домов и других необходимых данных (рисунок 2).

Таблица 3 - Размеры возможного ингаляционного РА облучения, км

Легкая степень

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Эл. Мощн, МВт | Диаметр  круга | Длина  зоны | Тяжелая степень  Ширина зоны | Средняя степень  Длина  зоны | Ширина зоны | Длина  зоны | Ширина зоны |
| 1 | 0,260 | 10 | 3,4 | 4.5 | 2..5 | 1.8 | 1,2 |

###### **Средняя**

**200 рад**

РА -1

25.04

Легкая

70 рад

Тяжелая

450 рад

###### Рисунок 2 - Зоны поражения при аварии на радиоактивном объекте

5. Определение возможных потерь от ингаляционных поражений:

П =1,13 ·10 ³ · Двнт ² =1,13 ·10 ³· 10,27=17,8 %

Величину возможных потерь незащищенных людей в зависимости от полученной ими дозы облучения можно определить по таблице 4.

6. Доза внешнего облучения определяется суммированием дозы внешнего облучения Д' внш при прохождении облака РА и дозы внешнего облучения Д'' внш, полученной за время нахождения людей на зараженной местности.

Таблица 4 - Возможные потери незащищенных людей в зависимости от полученной ими дозы ингаляционного облучения

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Величина дозы, Гр | Потери, % | Степень поражения, сут. |
| 3 | 1 | Легкая; до10 |
| 4 | 1,8 |
| 5 | 2,8 |
| 6 | 4 |
| 7 | 5,5 | Средняя; до 7 |
| 8 | 6,9 |
| 9 | 9 |
| 10 | 11,3 |
| 20 | 45 | Тяжелая; до 5 |

Кроме данных расчетов можно также подсчитать процент лиц, оказавшихся на открытой местности (Коэффициент ослабления Кол доз в этом случае будет равен 1), а также для лиц, находившихся в момент прохождения облака в помещениях (Коэффициент ослабления Косл доз в этом случае будет равен от 5-8). Используя соответствующие формулы и таблицы методики расчета РА определяется уровень радиации в зонах поражения через час после аварии.

Исходя из расчетов можно сделать вывод:

* из числа персонала и населения, в течение 10 ч находившихся на открытой местности, при суммарной дозе выше 5 Гр через12 часов выйдет из строя 53 %, через сутки – 60%,через месяц –100%, и при этом 20 % из них погибнет;
* из числа персонала и населения, находившихся в помещении с Косл доз = 7 после 10 ч облучения и набора ими доз, смертельных случаев не будет, через месяц возможен выход из строя 50 %.

**3.Оценка химической обстановки при авариях на радиационно-химических опасных объектах**

Оценка радиационной обстановки должна производиться по определенным химическим веществам, по этому наряду с радиационными авария происходят аварии, которые относят к категории химические аварии.

Все химически опасные вещества (ГОСТ 22.9.05.-95) подразделяются на *отравляющие вещества* (ОВ), *аварийно химически опасные вещества* () (сильнодействующие ядовитые вещества (СДЯВ) по старой терминологии) - это химическое вещество, применяемое в хозяйственных целях, которое при разливе или выбросе, происходящем в результате аварии или разрушении ХОО (химического опасного объекта), может приводить к заражению воздуха с поражающими концентрациями и фитотоксикантами.

В группу АХОВ выделяют вещества, заражающие воздух в опасных концентрациях и способные вызывать массовые поражения людей.

Классифицировать эти вещества можно по физическим и по химическим свойствам.

Основного характера: Кислотного характера:

NH3(аммиак) - пары кислот

RNH2, R2NH (амины) - ангидриды кислот SO2, NO2 и др.

пиридин и др. - хлорангидриды кислот

* - H2S (сероводород)
* - Cl (хлор)
* - COCl (фосген)
* - фенол и др.

Нейтрализаторами веществ основного характера являются вещества кислого характера: - растворы кислот: борной, лимонной, щавелевой; 2-5% раствор HCl и CH3COOH; ацетилсалициловая кислота, аскорбиновая кислота.

Нейтрализаторами веществ кислого характера служат вещества основного характера, а именно: 2-5% раствор гидрокарбоната натрия (NaHCO3 (пищевая сода)), суспензия карбоната кальция (CaCO3(мел, зубная паста)), (Ca(OH)2) гашеная известь, (K2CO3) зола, мочевина (H2NCONH2 (моча)) и др.

Химические вещества по опасности и токсичности воздействия на организм человека делят на 4 класса в соответствии с ГОСТ 12.1.0007-76, с изменением № 1 от 01.01.82 год:

* 1. Чрезвычайно опасные (ПДК менее 0,5 г/м3);
* 2. Высоко опасные (до 5 г/см3);
* 3. Умеренно опасные (до 50 г/см3);
* 4. Мало опасные (более 5 г/см3).

Все опасные химические вещества делят на быстро- и медленно действующие. При поражении *быстродействующими*, картина отравления развивается практически немедленно, а при *медленнодействующими* - летальный период - несколько часов.

Заражение местности зависит от стойкости химических веществ, определяется температурой кипения вещества. Нестойкие имеют Ткип ниже 130С, стойкие - выше 130С. Нестойкие заражают местность на минуты или десятки минут, а стойкие - от нескольких часов до нескольких месяцев.

Например:

* 1. Нестойкие быстродействующие - аммиак, угарный газ;
* 2. Нестойкие медленнодействующие - фосген, азотная кислота;
* 3. Стойкие быстродействующие - анилин, фосфорно-органические;
* 4. Стойкие медленно действующие - диоксин, тетраэтилсвинец.

Химическая обстановка складывается в зоне химического заражения, возникающей при аварии на химически опасном объекте (ХОО) или разрушении этого объекта.

Оценить химическую обстановку это значит определить масштаб химического заражения (глубину и площадь зоны заражения), его продолжительность и опасность.

Оценка химической обстановки по данным прогноза

Исходными данными для прогнозирования химической обстановки являются:

* 1) Тип и общее количество АХОВ на ХОО, их размещение в емкостях и технологических трубопроводах.
* 2) Количество АХОВ, выброшенных в атмосферу (Q0) и характер их разлива па подстилающей поверхности ("свободно", "в поддоне", "в обваловку").
* 3) Для определения количественных характеристик выброса АХОВ необходимо определить их эквивалентные значения.

Далее для определения масштаба (глубина и площадь) заражения при аварии на ХОО прежде всего рассчитывается глубина зоны химического заражения. Полная глубина зоны заражения (Г, кг), обусловленная воздействием первичного и вторичного облака АХОВ, определяется по формуле:

Г = Г/ + 0,5 · Г//, (2)

где Г//- наименьший;

Г/ наибольший из размеров Г1 и Г2.

Полученное значение Г сравнивается с предельно возможным значением глубины переноса воздушных масс (Гп, км), определяемым по формуле:

Гп = N v·, (3)

где N - время начала аварии, ч;

v - скорость переноса переднего фронта зараженного воздуха при данных скорости ветра и степени вертикальной устойчивости воздуха, км/ч.

Сравнивая значения полной глубины зоны заражения Г и предельно возможного значения глубины переноса воздушных масс, Гп для дальнейших расчетов выбирают наименьшее значение..

Время оценки обстановки ограничено 4 часами (т.е. N - 4 часа после аварии). После четырех часов – выполняется прогноз обстановки.

Определяется максимальную полную глубину заражения Г(км), а так же площадь зоны фактического заражения Sв (км2),. число людей, подлежащих эвакуации. Определение потерь: количество потерь среди населения.

Структура потерь определяется следующим образом:

* а) Открытая местность:
  + - легкой степени (25%) - 8,5504 тыс.чел.;
  + - средней и тяжелой степени (40%) - 13,6806 тыс.чел.;
  + - со смертельным исходом (35%) - 11,9705 тыс.чел.

Укрытие:

* - легкой степени (25%) - 4,7027 тыс.чел.;
* - средней и тяжелой степени (40%) - 7,5243 тыс.чел.;
* - со смертельным исходом (35%) - 6,5838 тыс.чел.
* б) Потери населения в условиях объекта агропромышленного производства определяются по формулам 4,5:

Nп(о.м.) = N(о.м.) · П(о.м.) (4)

где Nп(о.м.) - потери людей на открытой местности, чел.;

N(о.м.) - количество людей на открытой местности, чел.;

П(о.м.)- процент потерь на открытой местности.

Nп(укр) = N(укр.) · П(укр.) (5)

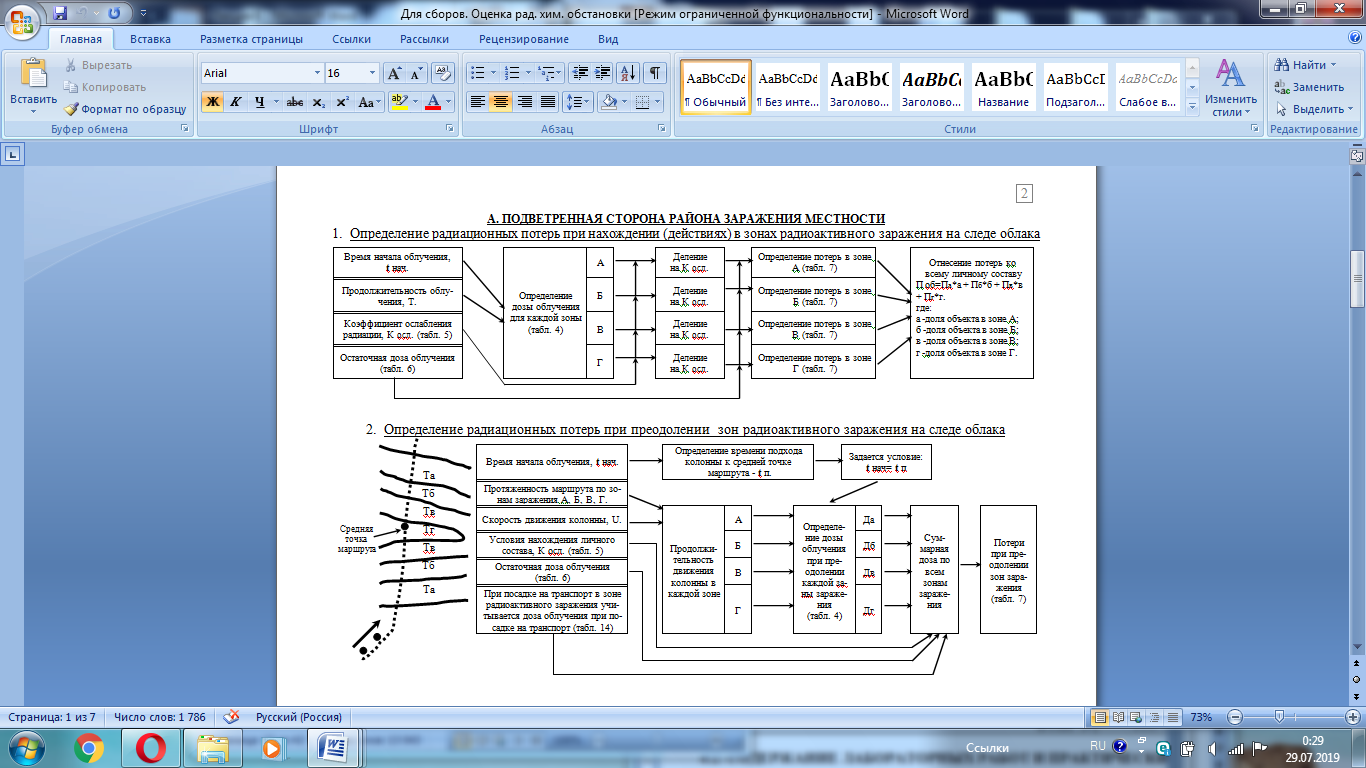
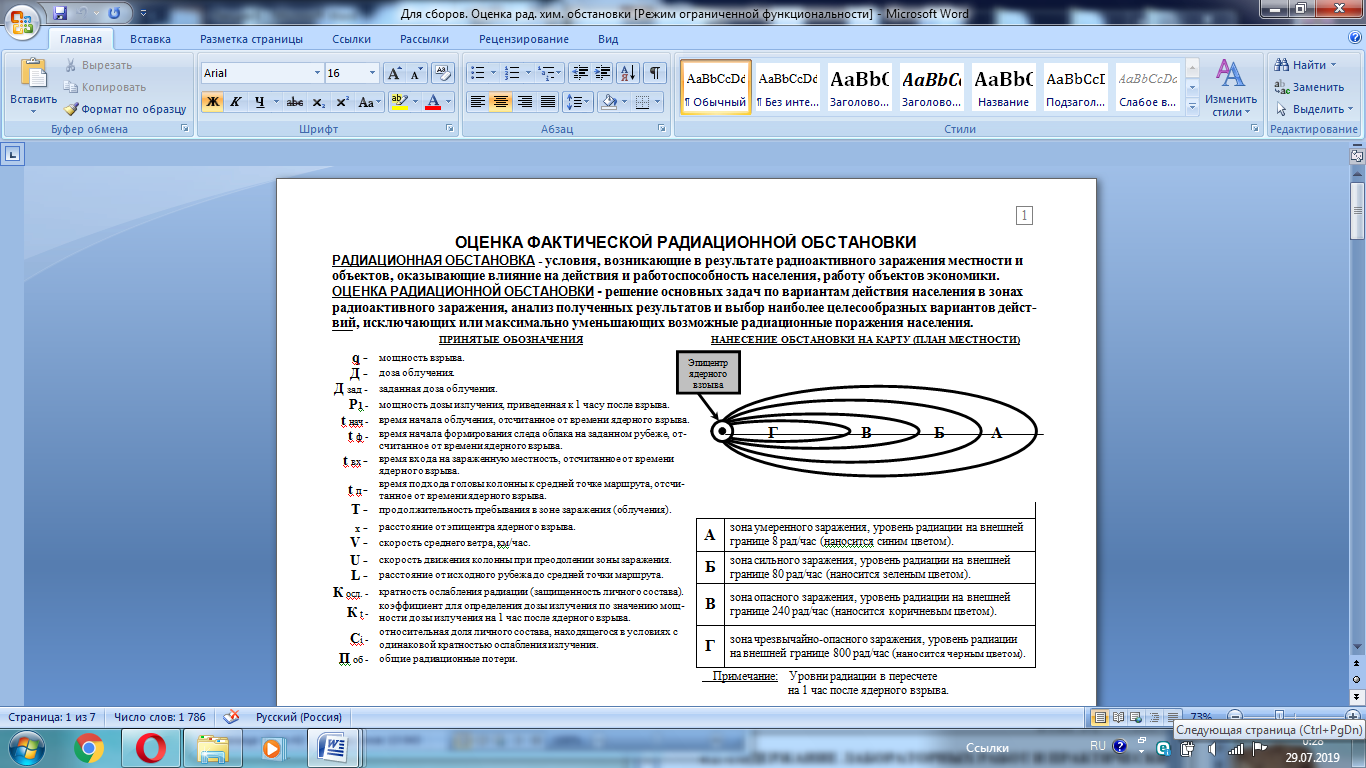
где Nп(укр) - потери людей в укрытиях, чел.;

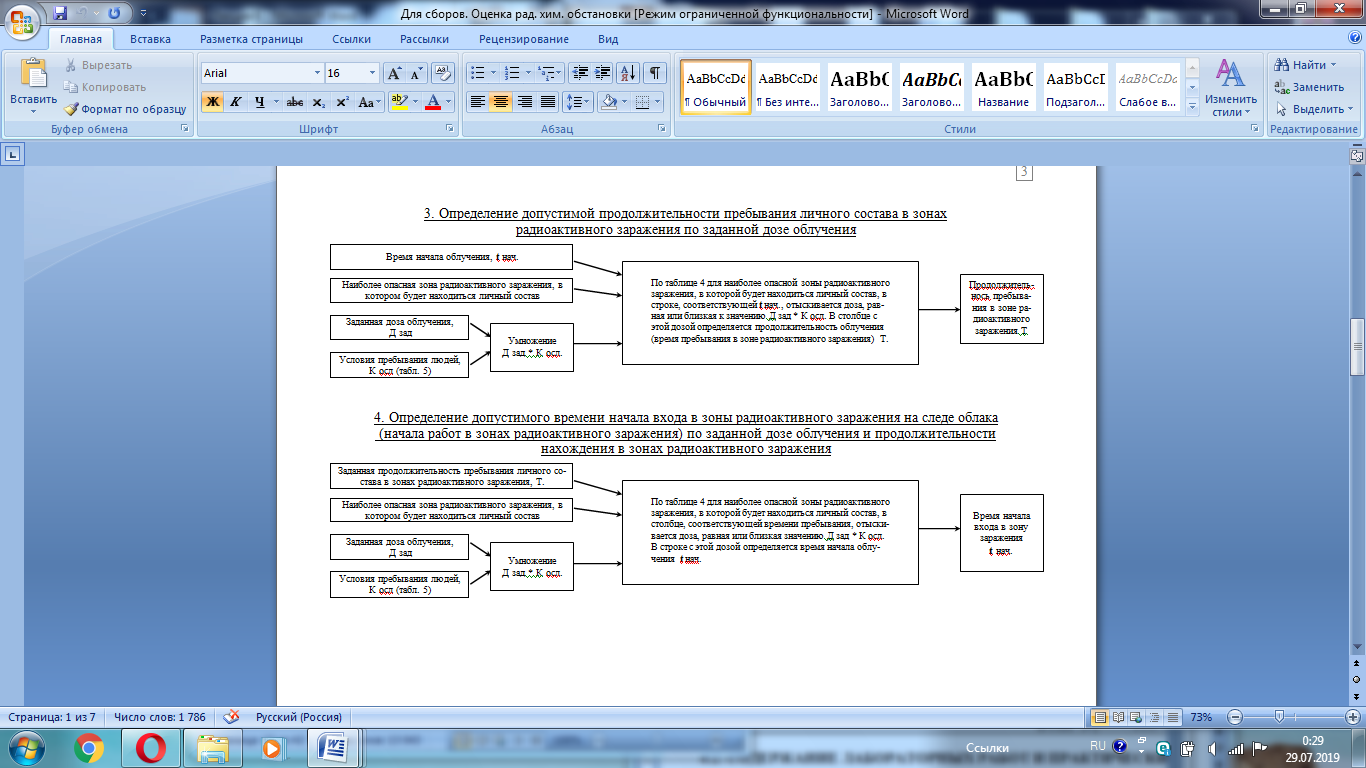
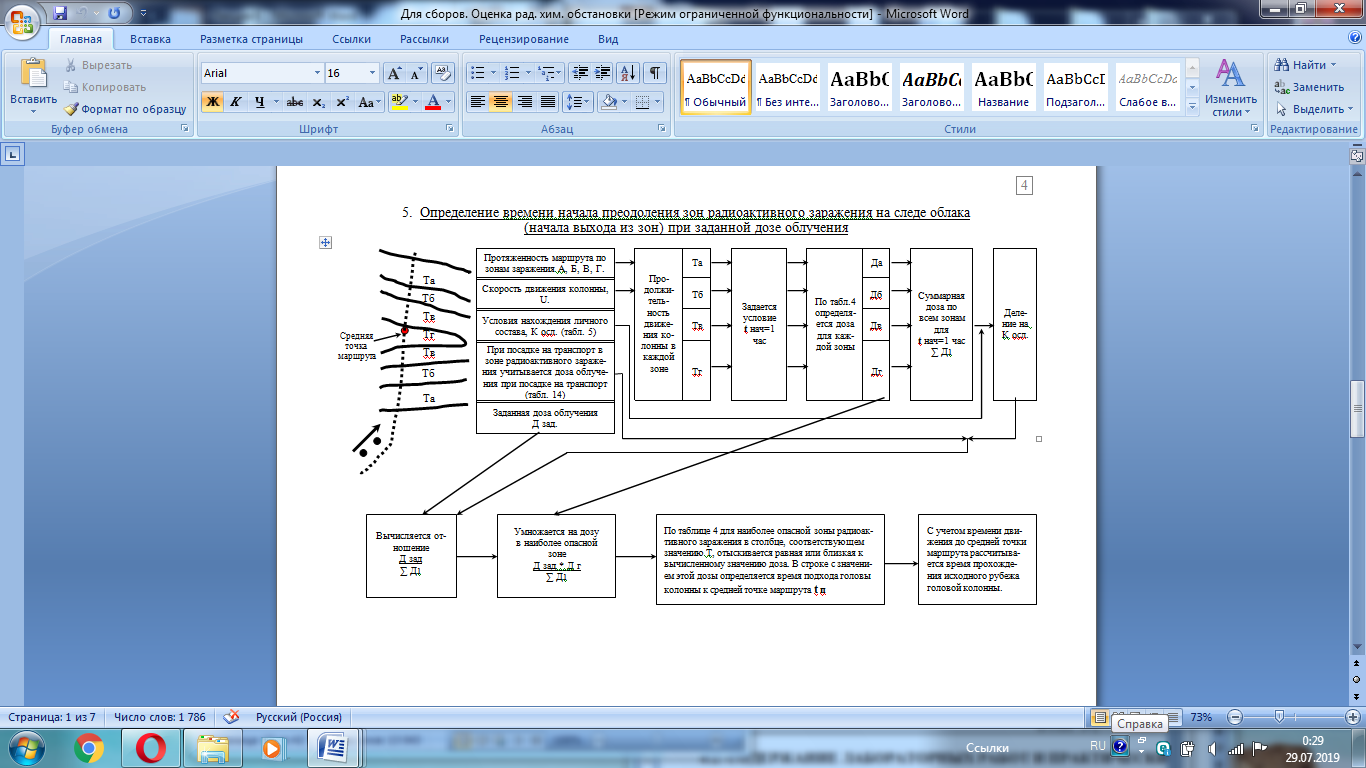
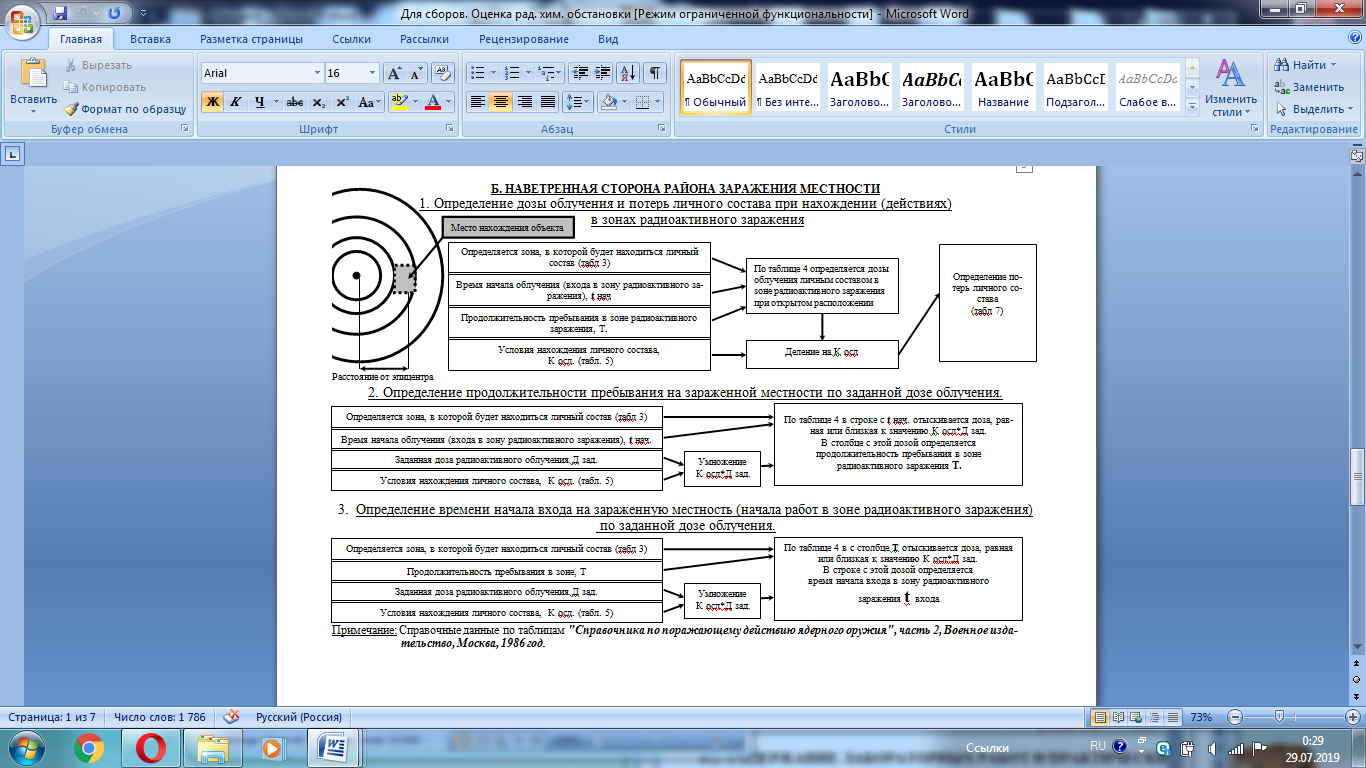
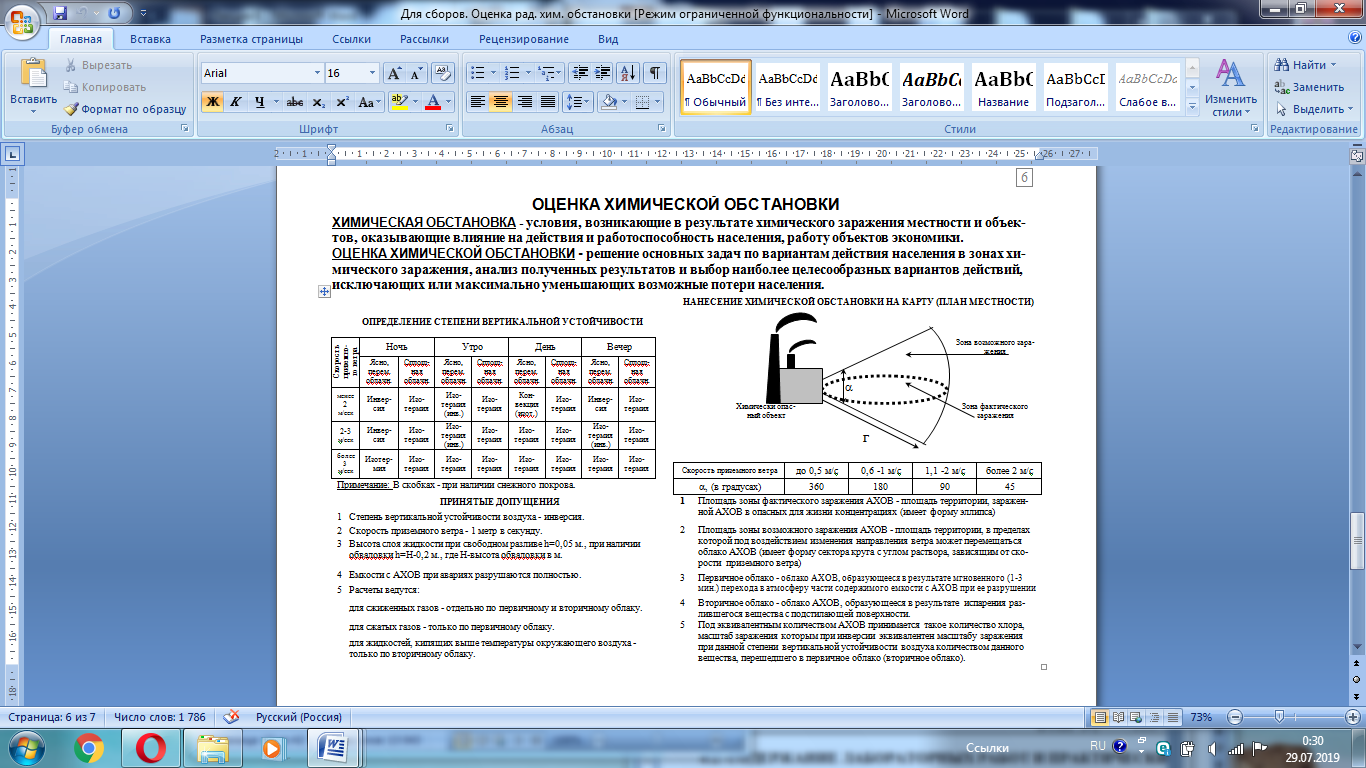
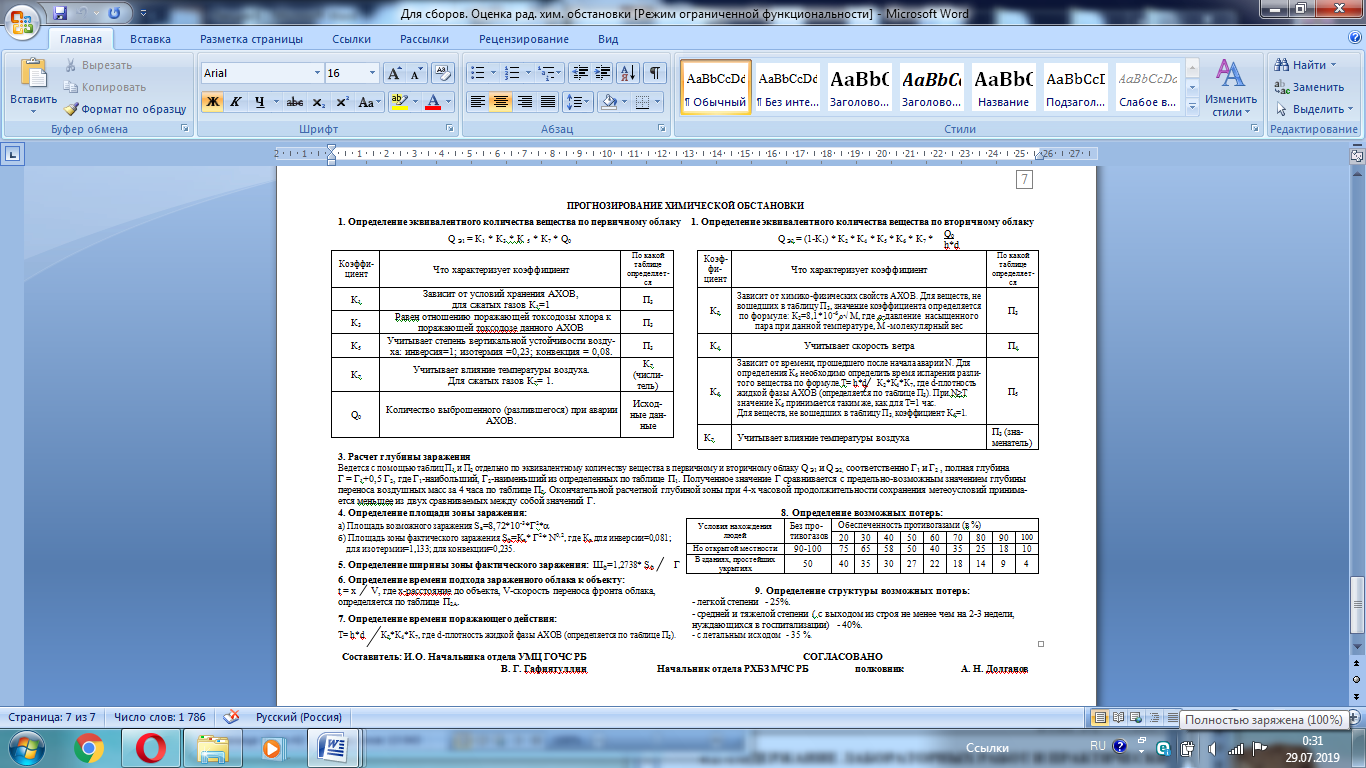
N(укр.) - количество людей в укрытиях, чел.;

П(укр.) - процент потерь в укрытиях.

Практическое решение вопросов по оценке фактической радиационной обстановки представлена в Приложении 1.

Приложение 1.



Оценка радиационной обстановки при чрезвычайных ситуациях на радиационно-опасных объектах и при ядерном взрыве

**Вопросы для самоконтроля**

Перечень контрольных вопросов по теме

1. Основные положения оценки обстановки: определения, поражающие факторы, этапы и методы оценки.
2. Прогнозирование радиационной обстановки.
3. Задачи, решаемые при оценке обстановки на радиационно загрязненной местности при авариях на РОО..
4. Общие положения оценки радиационной обстановки по данным дозиметрического контроля и разведки.
5. Как определить дозы облучения, полученные за время пребывания на загрязненной местности.
6. Определение допустимого времени пребывания людей в зоне радиоактивного загрязнения.
7. Прогнозирование радиационной обстановки при ядерных взрывах.
8. Определение доз облучения, получаемых людьми при преодолении зон.