

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РФ

ПЕНЗЕНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

**ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ПОСЛЕДСТВИЙ АВАРИИ
НА ОПАСНОМ ПРОИЗВОДСТВЕННОМ ОБЪЕКТЕ
И ЕЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ**

**Методические указания к практическим занятиям
по курсу «Управление техносферной безопасностью»**

ПЕНЗА 2014

УДК 65.012.8:338.45(075.9)

ББК68.9:65.30я75

Б

Приведена методика прогнозирования последствий аварии на химически опасном объекте и пример расчета необходимых для этого параметров (толщины слоя АХОВ, продолжительности поражающего действия АХОВ, эквивалентного количества АХОВ в первичном и во вторичном облаке через заданные интервалы времени, глубины зоны заражения для первичного и вторичного облака через заданные интервалы времени, предельно возможного и окончательного расчетного значения глубины переноса воздушных масс, глубины зоны заражения АХОВ, площади зоны возможного и фактического заражения АХОВ, времени подхода зараженного воздуха к объекту) с использованием специального программного обеспечения «Студия анализа риска 2011. Модуль «АХОВ».

Рассмотрены классификации и характеристики АХОВ и ЧС.

Методические указания разработаны на кафедре «Техносферная безопасность» Пензенского государственного университета и предназначены для проведения практических занятий и самостоятельной работы по дисциплине «Управление техносферной безопасностью» со студентами всех профилей направления 280700 «Техносферная безопасность».

Табл. 1, ил. 33, прил. 6, библиогр. 3 назв.

А в т о р : к. т. н. доцент Безбородова О. Е.

П о д р е д а к ц и е й д.т.н., профессора, заведующего кафедрой «Техносферная безопасность» Н. Н. Вершинина

Р е ц е н з е н т : д.т.н., профессор, заведующий кафедрой «Защита в чрезвычайных ситуациях» Пензенского регионального центра высшей школы (Филиал) Российского государственного университета инновационных технологий и предпринимательства В. А. Казаков

Содержание

1. Планирование и прогнозирование взаимодействия общества и окружающей среды
2. Термины и определения
3. Классификация и характеристики АХОВ
4. Типовые ЧС при крупных химических авариях
5. Принятые при прогнозировании допущения
6. Прогнозирование глубины зоны заражения АХОВ
 - 6.1 Определение количественных характеристик выброса АХОВ
 - 6.1.1 Определение эквивалентного количества вещества в первичном облаке
 - 6.1.2 Определение эквивалентного количества вещества во вторичном облаке
 - 6.2 Расчет глубины зоны заражения при аварии на химически опасном объекте
 - 6.3 Расчет глубины зоны заражения при разрушении химически опасного объекта
 - 6.4 Определение продолжительности поражающего действия АХОВ
 - 6.5 Определение площади зоны заражения АХОВ
 - 6.6 Расчет времени подхода зараженного воздуха к объекту
7. Расчет параметров аварии на опасном производственном объекте с использованием программного комплекса «Студия анализа риска 2011»
 - 7.1 Порядок решения расчетной задачи
 - 7.2 Ввод исходных данных
 - 7.3 Работа с картой
 - 7.3.1 Нанесение обстановки на карту
 - 7.3.2 Добавление объекта и отображение зон потенциального риска на карте для двух и более объектов
 - 7.4 Сохранение карты и проекта
8. Пример расчета с использованием программного комплекса «Студия анализа риска 2011»
 - 8.1 Общие положения
 - 8.2 Студия анализа риска. Прогнозирование масштабов заражения АХОВ при авариях (разрушениях) на химически опасных объектах и транспорте
 - 8.2.1 Исходные данные и предварительные результаты
 - 8.2.2 Влияния веществ на окружающую среду и человека
 - 8.2.3 Расчет
9. Варианты заданий
- Приложение 1
- Приложение 2
- Приложение 3
- Приложение 4
- Приложение 5
- Приложение 6
- Список литературы

1. Планирование и прогнозирование взаимодействия общества и окружающей среды

При анализе путей развития экономики и общества в свете экологических изменений определяющим звеном являются процедуры прогнозирования возможных изменений в окружающей среде (ОС) и оценки влияния этих изменений на эволюцию социальных процессов. Эти процедуры в своей основе строятся на существующих в настоящее время представлениях о характере протекающих в природе процессов, закономерностях социального развития, о характере взаимного влияния этих процессов друг на друга.

Прогнозирование ситуации всегда преследует какую-либо цель, которая определяет, во-первых, интервал времени прогнозирования (так называемый «горизонт прогнозирования») и, во-вторых, точность, предъявляемую к результатам прогноза на указанном интервале времени. Следствием этого является необходимая степень детализации представлений о рассматриваемых в соответствии с поставленной целью процессах.

Необходимыми этапами научного исследования любого процесса, протекающего в природе, в том числе и прогнозирования его эволюции, являются следующие:

- построение модели исследуемого процесса;
- формулировка вводимых ограничений, которые характерны для исследуемого процесса в терминах построения модели, формулировка цели исследования.

Строго говоря, именно реализация указанных этапов совместно приводит к построению модели исследуемого процесса. При этом важно понимать, что модель может иметь как формальный вид (задаваться системами некоторых математических соотношений), так и описательную структуру, которая задает лишь основные наблюдаемые закономерности. Разумеется, чем более полными и точными сведениями в соответствии с целью исследования мы располагаем об анализируемых процессах, тем более точным оказывается прогноз.

Поэтому использование научных методов предсказания в изучении природных и социальных процессов означает не возможность предвидения развития реальной экологической ситуации, а лишь проведения исследований с целью анализа при определенных условиях взаимного влияния этих процессов и выработки возможных решений о дальнейших путях развития общества. Следует подчеркнуть, что эти решения еще нужно иметь возможность реализовать, то есть (в терминах современной теории принятия решений) они должны быть допустимы и реализуемы.

Проведение такого исследования связано с большими трудностями. Во-первых, необходимость иметь возможность и средства (материальные и технические) для построения с требуемой точностью прогноза развития ОС под влиянием заданных на нее воздействий со стороны человеческого общества. Во-вторых, необходимо знание внутренних закономерностей развития, знание эволюции целей, определяющих тот или иной тип воздействия человека на ОС. В-третьих, необходимо понимание влияния возможных изменений в ОС и закономерности развития общества.

Опыт развития цивилизации показывает, что необходимость преобразования ОС в соответствии с целями развития человеческого сообщества неизбежно вызывает в долгосрочном плане неприемлемые результаты, то есть существенные отклонения от ее положения равновесия.

Осознание обществом объективного характера преобразования ОС привело к осознанию того факта, что понятие устойчивости неравновесного состояния не носит абсолютного смысла. Поскольку изменения экологических систем происходили всегда, то факты существенного изменения состояния природы (например, исчезновение некоторых видов животных или растений) являются лишь индикаторами объективного процесса. Следовательно, задача исследования взаимодействия общества и ОС может сводиться к определению условий, при которых такие изменения прекратятся. Главная проблема,

которую должно решить человечество, состоит в его способности достоверно оценивать скорость изменения природных систем, и поэтому критерий анализа взаимодействия общества и ОС должен в первую очередь отражать требования к динамике ее изменений.

2. Термины и определения

Аварийно химически опасное вещество (АХОВ) - опасное химическое вещество, применяемое в промышленности, сельском хозяйстве, при аварийном выбросе (проливе) которого может произойти заражение ОС в поражающих живые организмы концентрациях (токсодозах).

Зона заражения АХОВ - территория, на которой концентрация АХОВ достигает значений, опасных для жизни людей.

Под прогнозированием масштаба заражения АХОВ понимается определение глубины и площади зоны заражения АХОВ.

Под аварией понимается нарушение технологических процессов на производстве, повреждение трубопроводов, емкостей, хранилищ, транспортных средств, приводящее к выбросу АХОВ в атмосферу в количествах, которые могут вызвать массовое поражение людей и животных.

Под разрушением химически опасного объекта следует понимать результат катастроф и стихийных бедствий, приведших к полной разгерметизации всех емкостей и нарушению технологических коммуникаций.

Первичное облако - облако АХОВ, образующееся в результате мгновенного (1 - 3 мин.) перехода в атмосферу части АХОВ из емкости при ее разрушении.

Вторичное облако - облако АХОВ, образующееся в результате испарения разлившегося вещества с подстилающей поверхности.

Техногенная чрезвычайная ситуация (техногенная ЧС) - состояние, при котором в результате возникновения источника техногенной ЧС на объекте, определенной территории или аварии, нарушаются нормальные условия жизни и деятельности людей, возникает угроза их жизни и здоровью, наносится ущерб имуществу населения, народному хозяйству и ОС.

Химически опасный объект (ХОО) - объект, на котором хранят, перерабатывают, используют или транспортируют опасные химические вещества, при аварии на котором или при разрушении которого может произойти гибель или химическое заражение людей, сельскохозяйственных животных и растений, а также химическое заражение ОС.

Опасное химическое вещество (ОХВ) - химическое вещество, прямое или опосредствованное воздействие которого на людей может вызвать острые и хронические их заболевания или гибель.

Химическая авария - авария на ХОО, сопровождающаяся проливом или выбросом ОХВ, способная привести к гибели или химическому заражению (отравлению) людей, продовольствия, пищевого сырья и кормов, сельскохозяйственных животных и растений или химическому заражению ОС.

Выброс ОХВ - выход (испарение) ОХВ за короткий промежуток времени, при разгерметизации технологических установок, емкостей для хранения или при транспортировании в количестве, способном вызвать химическую аварию (заражение).

Пролив ОХВ - вытекание ОХВ при разгерметизации из технологических установок, емкостей для хранения и транспортировании в количестве, способном вызвать химическую аварию (заражение).

Химическое заражение - распространение ОХВ в ОС в концентрациях или количествах, создающих угрозу для людей, сельскохозяйственных животных и растений в течение определенного времени.

Зона химического заражения - территория или акватория, в пределах которой распространены или куда привнесены ОХВ в концентрациях или количествах, создающих опасность для жизни и здоровья людей, для сельскохозяйственных животных и растений,

в течение определенного времени.

Предельно допустимая концентрация ОХВ (ПДК) - максимальное количество опасных химических веществ в почве, воздушной или водной среде, продовольствии, пищевом сырье и кормах, измеряемое в единице объема или массы, которое при постоянном контакте с человеком или при воздействии на него за определенный промежуток времени практически еще не влияет на здоровье людей и не вызывает неблагоприятных последствий.

Токсодоза (пороговая, поражающая или смертельная) - произведение концентрации ОХВ в данном месте зоны химического заражения на время пребывания человека в этом месте без средств защиты органов дыхания, в течение которого проявляются различные степени токсического воздействия ОХВ на человека: возможны лишь первые слабые признаки отравления (пороговая токсодоза), происходит существенное отравление организма с соответствующими симптомами (поражающая токсодоза) и, наконец, наступает кома (смертельная токсодоза).

Инверсия - такое распределение температур приземного воздуха с высотой, при которой нижние слои воздуха холоднее верхних.

Изотермия - приземный слой воздуха, в котором температура почти не меняется с высотой.

Конвекция - нижний слой воздуха нагрет сильнее верхнего, вследствие чего происходит подъем и перемешивание воздуха в приземном слое.

3. Классификация и характеристики АХОВ

Перечень производимых промышленностью и используемых в стране химических веществ насчитывает более 70 тысяч наименований. Большинство из них представляет определенную опасность для здоровья людей и экологии. Перечень опасных химических веществ с указанием их пороговых количеств на промышленных объектах включает более 179 наименований. Однако не все из этих веществ представляют реальную опасность и при авариях могут вызвать ЧС. Однако однозначно определить перечень всех опасных химических веществ достаточно сложно в связи с тем, что это зависит не только от физико-химических и токсических свойств этих веществ, но и от условий их производства, хранения и применения.

По характеру воздействия на организм человека АХОВ подразделяются на три группы:

- ингаляционного действия (АХОВ ИД) - воздействуют через органы дыхания;
- перорального действия (АХОВ ПД) - воздействуют через желудочно-кишечный тракт;
- кожно-резорбтивного действия (АХОВ КРД) - воздействуют через кожные покровы.

Согласно клинической классификации АХОВ делятся на следующие шесть групп:

первая группа - вещества преимущественно удушающего действия (хлор, треххлористый фосфор, хлор окись фосфора, фосген, хлорпикрин);

вторая группа - вещества преимущественно общедовитого действия (цианистый водород, хлорциан, мышьяковистый водород);

третья группа - вещества, обладающие удушающим и общедовитым действием (нитрил акриловой кислоты, сернистый ангидрид, сероводород, окислы азота);

четвертая группа - нейротропные яды (сероуглерод);

пятая группа - вещества, обладающие удушающим и нейротропным действием (аммиак);

шестая группа - метаболические яды (окись этилена, хлористый метил).

Основными характеристиками токсических свойств АХОВ являются предельно-допустимая концентрация (ПДК) и смертельная концентрация вещества в данной среде (воздухе, воде, продуктах), а также токсодоза (пороговая, поражающая, смертельная).

Введение такой классификации обусловлено тем, что в ряде случаев высокотоксичные соединения оказываются, вследствие особенностей их физико-химических свойств, относительно малоопасными и, наоборот, становятся высоко опасными, например, аммиак. Вещества I и II групп способны образовывать опасные для жизни и здоровья людей концентрации даже при небольших утечках. Степень опасности химического вещества при авариях на ХОО в значительной мере зависит от его количества на аварийном объекте.

При оценке потенциальной опасности химических веществ необходимо принимать во внимание не только токсические, но и физико-химические свойства, характеризующие их поведение в атмосфере, на местности и в воде. В частности, важнейшим физическим параметром, определяющим характер поведения токсичных веществ ингаляционного действия при выбросах (проливах), является максимальная концентрация их паров в воздухе.

По агрегатному состоянию в условиях производства, хранения и транспортировки АХОВ делятся на:

- сжатые газы,
- сжиженные газы,
- жидкости,
- твердые вещества.

По способам хранения и перемещения все опасные химические вещества, в том числе АХОВ, можно разделить на пять основных категорий.

Первая категория - вещества, у которых критическая температура ниже температуры ОС. Эти вещества часто называют «криогенными». К ним относятся, например, сжиженный природный газ (метан), окись азота. При резкой разгерметизации емкостей с этими веществами происходит быстрое их превращение в первичное паро-аэрозольное облако.

Вторая категория - вещества, у которых критическая температура выше, а точка кипения ниже температуры ОС. К ним относятся АХОВ, хранящиеся в сжиженном состоянии, например, аммиак, закись азота, сернистый ангидрид, сероводород, хлор, хлористый водород. При разгерметизации емкостей с этими веществами часть их быстро (за 2-3 мин) переходит в паро-аэрозольное состояние, остальная масса испаряется за более продолжительное время.

Третья категория - вещества, у которых критическое давление выше атмосферного и точка кипения выше температуры ОС. К ним относятся АХОВ, имеющие относительно невысокую температуру кипения, например, четырехокись азота, фосген, окись этилена, фтористый водород, хлорциан, цианистый водород. При повышенных температурах (30-50 °С и выше) эти вещества по своему поведению будут приближаться к веществам второй категории.

Четвертая категория - вещества, находящиеся в обычных условиях (при атмосферном давлении и температуре ОС от - 60 °С до +60 °С) в жидком состоянии. К ним относится значительная часть АХОВ, например, несимметричный диметилгидразин, концентрированные серная, соляная и азотная кислоты, ацетонитрил, ацетонциангидрин, нитрил акриловой кислоты, хлор окись фосфора, хлорпикрин.

Пятая категория - вещества, хранящиеся в твердом состоянии, например, диоксины, комовая сера, нитрофоска, соли тяжелых металлов. Многие из них становятся опасными при пожарах, другие - при попадании в грунт и воду.

4. Типовые ЧС при крупных химических авариях

В зависимости от физико-химических свойств АХОВ и условий их использования, хранения и транспортировки, в результате крупных аварий на ХОО могут возникать ЧС четырех основных типов, отличающиеся друг от друга характером воздействия поражающих факторов, организацией и технологией ведения аварийно-спасательных и

других неотложных работ:

- с образованием только первичного облака АХОВ;
- с образованием пролива, первичного и вторичного облаков АХОВ;
- с образованием пролива и только вторичного облака АХОВ;
- с заражением территории (грунта, воды) малолетучими АХОВ.

Первый тип ЧС может возникнуть в случае мгновенной разгерметизации (например, в результате взрыва) емкостей или технологического оборудования с газообразными (под давлением), криогенными, перегретыми сжиженными АХОВ, в результате чего образуется первичное парогазовое или аэрозольное облако АХОВ с высокой концентрацией токсичного вещества в воздухе. Пролива жидкой фазы, как правило, при этом не происходит или пролитое вещество быстро (за несколько минут) испаряется за счет тепла ОС. В зависимости от метеоусловий облако АХОВ распространяется на прилегающую к аварийному объекту территорию, неся смертельную опасность для проживающего на ней населения. Примером ЧС первого типа может служить авария в 1984 года на химическом предприятии в городе Бхопал (Индия) с выбросом первичного облака паров метилизоцианата в количестве 43 т, в результате чего погибло 3150 человек и более 200 тысяч получили отравления различной тяжести.

Первый тип ЧС является наиболее опасным как с точки зрения интенсивности воздействия поражающих факторов, так и трудности быстрого реагирования на ЧС для предотвращения или снижения потерь. Основным поражающим фактором при этом является ингаляционное воздействие на людей и животных высоких (смертельных) концентраций паров АХОВ. При этом масштабы поражения зависят от размеров первичного облака (количества выброшенного в воздух АХОВ), концентрации ядовитого вещества в нем, скорости ветра, состояния приземного слоя атмосферы (инверсия или конвекция), плотности паров вещества (легче или тяжелее воздуха), времени суток (ночное или дневное), характера местности (сельская местность или городская застройка), плотности населения, проживающего в вероятной зоне химического заражения. В этих условиях аварийно-спасательные работы необходимо организовать и провести в возможно короткие сроки.

Второй тип ЧС может возникнуть при аварийных проливах АХОВ на ХОО, использующих сжиженные ядовитые газы, например, хлор, перегретыми летучие токсичные жидкости с температурой кипения ниже температуры ОС (окись этилена, фосген, окислы азота, сернистый ангидрид, синильная кислота). При разгерметизации емкостей или технологического оборудования с указанными АХОВ часть вещества (обычно не более 10%) мгновенно испаряется, образуя первичное облако паров со смертельными концентрациями, а часть выливается в обваловку или на подстилающую поверхность и постепенно испаряется за счет тепла ОС, создавая вторичное облако паров с поражающими концентрациями. В зависимости от времени года, метеоусловий, характера и геометрических размеров пролива время испарения может составить от десятков минут до нескольких суток. Примером второго типа ЧС была авария в 1989 году в городе Ионава (Литва) на химическом предприятии в хранилище жидкого аммиака.

Второй тип ЧС характеризуется ингаляционным поражающим воздействием (кратковременно) первичным облаком АХОВ со смертельными концентрациями паров и более продолжительное время (часы и сутки) вторичным облаком с опасными поражающими концентрациями паров. Кроме того, пролитый продукт может заражать грунт и воду. Указанный тип ЧС также очень опасен для населения, но в отличие от первого позволяет по времени привлечь достаточное количество сил и средств для эффективного проведения аварийно-спасательных работ.

Третий тип ЧС может возникнуть при крупных авариях на ХОО в результате больших проливов в поддон (обваловку) или на подстилающую поверхность сжиженных или жидких АХОВ с температурой кипения ниже или близкой к температуре ОС, когда, вследствие испарения пролитого продукта, образуется только вторичное облако паров

токсичного вещества с поражающими концентрациями, которое, при благоприятных метеоусловиях, может распространиться на значительные расстояния от места аварии. Указанный тип ЧС может возникнуть, например, при аварийном проливе фосгена или компонента ракетного топлива - четырехоксида азота. К этому типу ЧС могут быть отнесены и случаи крупномасштабного горения нитрофоски (пример: пожар на складе этого удобрения в городе Ионава) или комковой серы с образованием вторичного облака токсичных продуктов горения.

Третий тип ЧС менее опасен для населения, чем первые два, так как позволяет по времени принять эффективные меры по защите населения и ликвидации последствий аварии. Основными поражающими факторами при указанном типе ЧС являются ингаляционное воздействие вторичного облака АХОВ и заражение грунта и воды на месте пролива. В зависимости от физических свойств АХОВ, характера и размеров пролива, метеоусловий и эффективности работ по локализации и обезвреживанию пролива АХОВ, время его испарения может составлять от нескольких часов до нескольких суток, следовательно, будет достаточно времени для защиты населения и успешного проведения аварийно-спасательных и других неотложных работ.

Четвертый тип ЧС - при крупных авариях на ХОО может возникнуть в результате аварийного выброса (пролива) значительного количества мало летучего АХОВ (жидкого с температурой кипения значительно выше температуры ОС или твердого), в связи с чем может произойти заражение местности (грунта, воды) с опасными последствиями для живых организмов и растительности. Вторичного облака паров с поражающими концентрациями при этом не образуется, но длительное пребывание на зараженной территории без средств индивидуальной защиты органов дыхания при определенных метеоусловиях может привести к ингаляционному отравлению. Основным поражающим фактором при указанном типе ЧС является возможное пероральное или в ряде случаев резорбтивное воздействие на организм.

К числу АХОВ, которые могут при авариях на ХОО стать причиной ЧС четвертого типа, могут быть отнесены несимметричный диметилгидразин, фенол, сероуглерод, ацетонитрил, диоксины, металлическая ртуть, соли синильной кислоты, ряд боевых отравляющих веществ и др.

При четвертом типе ЧС опасность поражения людей может быть сведена к минимуму, так как зона заражения при этом, как правило, невелика и может быть быстро локализована, если своевременно будут проведены работы по локализации и ликвидации последствий аварии. Наибольшую опасность при указанной ЧС представляет заражение АХОВ рек и водоемов, которые служат источниками питьевой воды для населения.

Указанные типовые варианты ЧС, особенно второй и третий, могут быть осложнены взрывами и пожарами, что станет причиной возникновения дополнительных поражающих факторов, таких, как ударная волна, обрушение зданий и сооружений с образованием завалов, прямое воздействие огня, тепловое излучение, задымление, образование токсичных продуктов горения и др. Все это может увеличить потери и ущерб от аварии на ХОО и значительно осложнить проведение аварийно-спасательных работ.

5. Принятые при прогнозировании допущения

Емкости, содержащие АХОВ, при авариях разрушаются полностью и все, содержащиеся в них АХОВ, попадают в ОС.

Толщина h слоя жидкости для АХОВ определяется следующим образом:

- для разлившейся свободно на подстилающей поверхности принимается равной 0,05 м по всей площади разлива;

- для разлившейся в поддон или обваловку:

а) при разливах из емкостей, имеющих самостоятельный поддон (обваловку):

$$h = H - 0,2$$

где H - высота поддона (обваловки), м;

б) при разливах из емкостей, расположенных группой, имеющих общий поддон (обваловку):

$$h = \frac{Q_0}{F \cdot d}$$

где Q_0 - количество выброшенного (разлившегося) при аварии вещества, т;

d - плотность АХОВ, т/м³;

F - реальная площадь разлива в поддон (обваловку), м².

Предельное время пребывания людей в зоне заражения и продолжительность сохранения неизменными метеорологических условий (степени вертикальной устойчивости атмосферы, направления и скорости ветра) составляет 4 ч. По истечении указанного времени прогноз обстановки должен уточняться.

При авариях на газо- и продуктопроводах выброс АХОВ принимается равным максимальному количеству АХОВ, содержащемуся в трубопроводе между автоматическими отсекающими, например, для аммиакопроводов – 275 - 500 т.

6. Прогнозирование глубины зоны заражения АХОВ

Расчет глубины зоны заражения АХОВ ведётся с помощью данных из Приложений 1 - 5.

6.1 Определение количественных характеристик выброса АХОВ

6.1.1 Определение эквивалентного количества вещества в первичном облаке

Эквивалентное количество ($Q_{э1}$) вещества в первичном облаке определяется по формуле

$$Q_{э1} = K_1 \cdot K_3 \cdot K_5 \cdot K_7 \cdot Q_0 \quad (1)$$

где K_1 - коэффициент, зависящий от условий хранения АХОВ (Приложение 2; для сжатых газов $K_1 = 1$);

K_3 - коэффициент, равный отношению пороговой токсодозы хлора к пороговой токсодозе другого АХОВ (Приложение 2);

K_5 - коэффициент, учитывающий степень вертикальной устойчивости атмосферы:

для инверсии - 1,

для изотермии - 0,23,

для конвекции - 0,08;

K_7 - коэффициент, учитывающий влияние температуры воздуха (Приложение 2: для сжатых газов $K_7 = 1$);

Q_0 - количество выброшенного (разлившегося) при аварии вещества, т.

При авариях на хранилищах сжатого газа Q_0 рассчитывается по формуле

$$Q_0 = d \cdot V_x \quad (2)$$

где d - плотность АХОВ, т/м³ (Приложение 2);

V_x - объем хранилища, м³.

При авариях на газопроводе Q_0 рассчитывается по формуле

$$Q_0 = \frac{n \cdot d \cdot V_r}{100} \quad (3)$$

где n - содержание АХОВ в природном газе, %;

d - плотность АХОВ, т/м³ (прил. 2);

V_r - объем секции газопровода между автоматическими отсекающими, м³.

При определении величины $Q_{э1}$ для сжиженных газов, не вошедших в Приложение 2, значение коэффициента K_7 принимается равным 1, а коэффициент K_1 рассчитывается по формуле

$$K_1 = \frac{c_p \Delta T}{\Delta H_{исп}} \quad (4)$$

где c_p - удельная теплоемкость жидкого АХОВ, кДж/(кг °С);

DT - разность температур жидкого АХОВ до и после разрушения емкости °С;

$DH_{исп}$ - удельная теплота испарения жидкого АХОВ при температуре испарения, кДж/кг.

6.1.2 Определение эквивалентного количества вещества во вторичном облаке

Эквивалентное количество вещества во вторичном облаке рассчитывается по формуле:

$$Q_{\text{э2}} = \frac{(1 - K_1) \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 \cdot K_6 \cdot K_7 \cdot Q_0}{h \cdot d} \quad (5)$$

где K_2 - коэффициент, зависящий от физико-химических свойств АХОВ (Приложение 2);

K_4 - коэффициент, учитывающий скорость ветра (Приложение 3);

K_6 - коэффициент, зависящий от времени N , прошедшего после начала аварии;

значение коэффициента K_6 определяется после расчета продолжительности T (ч) испарения вещества:

$K_6 = N^{0,8}$ при $N \leq T$;

$K_6 = T^{0,8}$ при $N > T$

при $T < 1$ ч K_6 принимается для 1 ч;

d - плотность АХОВ, т/м³ (Приложение 2);

h - толщина слоя АХОВ, м.

При определении $Q_{\text{э2}}$ для веществ, не вошедших в Приложение 2, значение коэффициента K_7 принимается равным 1, а коэффициент K_2 определяется по формуле:

$$K_2 = 8,1 \cdot 10^{-6} \cdot P \cdot m^{\frac{1}{2}} \quad (6)$$

где P - давление насыщенного пара при заданной температуре воздуха, мм рт. ст;

m - молекулярная масса вещества.

6.2 Расчет глубины зоны заражения при аварии на химически опасном объекте

Определение глубины зоны заражения первичным (вторичным) облаком АХОВ при авариях на технологических емкостях, хранилищах и транспорте ведется с использованием Приложений 1 и 4.

В приложении 1 приведены максимальные значения глубины зоны заражения первичным (Γ_1) или вторичным (Γ_2) облаком АХОВ, определяемые в зависимости от эквивалентного количества вещества (его расчет проводится согласно п. 6.1) и скорости ветра. Полная глубина зоны заражения Γ (км), обусловленной воздействием первичного и вторичного облака АХОВ, определяется:

$$\Gamma = \Gamma' + 0,5 \cdot \Gamma'' \quad (7)$$

где Γ' - наибольший, Γ'' - наименьший из размеров Γ_1 и Γ_2 .

Полученное значение сравнивается с предельно возможным значением глубины переноса воздушных масс Γ_n , определяемой по формуле:

$$\Gamma_n = N \cdot v \quad (8)$$

где N - время от начала аварии, ч;

v - скорость переноса переднего фронта зараженного воздуха при данной скорости ветра и степени вертикальной устойчивости воздуха, км/ч (Приложение 4).

За окончательную расчетную глубину зоны заражения принимается меньшее из двух сравниваемых между собой значений.

6.3 Расчет глубины зоны заражения при разрушении химически опасного объекта

В случае разрушения химически опасного объекта при прогнозировании глубины зоны заражения рекомендуется брать данные на одновременный выброс суммарного запаса АХОВ на объекте и следующие метеорологические условия: инверсия, скорость ветра 1 м/с.

Эквивалентное количество АХОВ в облаке зараженного воздуха определяется

аналогично рассмотренному в п. 6.1.2 методу для вторичного облака при свободном разливе. При этом суммарное эквивалентное количество Q_9 рассчитывается по формуле:

$$Q_9 = 20 \cdot K_4 \cdot K_5 \cdot \sum \left(K_{2i} \cdot K_{3i} \cdot K_{6i} \cdot K_{7i} \cdot \frac{Q_i}{d_i} \right) \quad (9)$$

где K_{2i} - коэффициент, зависящий от физико-химических свойств i -го АХОВ;

K_{3i} - коэффициент, равный отношению пороговой токсодозы хлора к пороговой токсодозе i -го АХОВ;

K_{6i} - коэффициент, зависящий от времени, прошедшего после разрушения объекта;

K_{7i} - поправка на температуру для i -го АХОВ;

Q_i - запасы i -го АХОВ на объекте, т;

d_i - плотность i -го АХОВ, т/м³.

Полученные по Приложению 1 значения глубины зоны заражения Γ в зависимости от рассчитанного значения и скорости ветра сравниваются с предельно возможным значением глубины переноса воздушных масс Γ_n (см. формулу (8)). За окончательную расчетную глубину зоны заражения принимается меньшее из двух сравниваемых между собой значений.

6.4 Определение продолжительности поражающего действия АХОВ

Продолжительность поражающего действия АХОВ определяется временем его испарения с площади разлива.

Время испарения T (ч) АХОВ с площади разлива определяется по формуле:

$$T = \frac{h \cdot d}{K_2 \cdot K_4 \cdot K_7} \quad (10)$$

где h - толщина слоя АХОВ, м;

d - плотность АХОВ, т/м³;

K_2, K_4, K_7 - коэффициенты в формулах (1), (5) из Приложений 2, 3.

6.5 Определение площади зоны заражения АХОВ

Площадь зоны заражения АХОВ для первичного (вторичного) облака определяется по формуле:

$$S_b = 8,72 \cdot 10^{-3} \Gamma^2 \cdot j \quad (11)$$

где S_b - площадь зоны возможного заражения АХОВ, км²,

Γ - глубина зоны заражения, км,

φ - угловые размеры зоны возможного заражения, град, (Приложение 5).

Площадь зоны фактического заражения S_ϕ (км²) рассчитывается по формуле:

$$S_\phi = K_8 \cdot \Gamma^2 \cdot N^{0.2} \quad (12)$$

где K_8 - коэффициент, зависящий от степени вертикальной устойчивости атмосферы:

0,081 - при инверсии,

0,133 - при изотермии,

0,235 - при конвекции,

N - время, прошедшее после начала аварии, ч.

6.6 Расчет времени подхода зараженного воздуха к объекту

Время подхода зараженного облака к объекту определяем по формуле

$$t = \frac{x}{v} \quad (13)$$

где x - расстояние от источника заражения до заданного объекта, км;

v - скорость переноса переднего фронта облака зараженного воздуха, км/ч.

7. Расчет параметров аварии на опасном производственном объекте с использованием программного комплекса «Студия анализа риска 2011»

«Студия анализа риска 2011» - программный комплекс, реализующий общий

графический интерфейс с набором, подключаемых программных расчетных модулей, осуществляющих расчет по действующим методикам прогнозирования последствия аварий на ОПО.

Программный комплекс «Студия анализа риска 2011» позволяет:

- осуществить расчеты зон токсического поражения и полей потенциального (индивидуального) риска при авариях на ХОО в соответствии с [3];
- выдачу результатов расчетов с приведением порядка вычисления в виде документа формата Word;
- наносить результаты прогноза возможной обстановки при авариях на ОПО на карты, схемы, планы, с сохранением результатов в формате jpeg, bmp и пр.;
- отразить на карте линейные, площадные и точечные объекты с полями действия поражающих факторов и зон риска;
- создать слои населения, персонала, рельефа и пр., данные из которых используются для определения числа пострадавших, индивидуального риска, пространственного распространения зон разлива жидкостей и т.д.;
- расчет показателей риска при совместном воздействии нескольких источников аварийных ситуаций с отражением значений потенциального риска и построением полей риска;
- сохранение проекта с пространственным расположением объектов на карте и примененными в нем расчетными задачами во внутреннем формате базового модуля с последующей возможностью вызова и редактирования.

Программный комплекс «Студия анализа риска-2011» состоит из:

- базового модуля, обеспечивающего взаимодействие расчетных модулей и сервисные функции;
- расчетных модулей, обеспечивающих решение задач, определенных действующими методиками по заданным алгоритмам.

Программный модуль «АХОВ» разработан на основе [3]. Эта методика позволяет осуществлять прогнозирование масштабов зон заражения при авариях на технологических емкостях и хранилищах, при транспортировке железнодорожным, трубопроводным и другими видами транспорта, а также в случае разрушения ХОО, в том числе:

- определение эквивалентного количества АХОВ по первичному и вторичному облаку;
- определения продолжительности поражающего действия по времени испарения разлитого жидкого АХОВ;
- расчет глубины зоны заражения первичным (вторичным) облаком при аварии на ХОО;
- определение площади зоны заражения;
- определение времени подхода зараженного воздуха к объекту и продолжительности действия АХОВ;
- нанесение на карту (план, схему) зоны возможного заражения и сектора распространения АХОВ в зависимости от скорости и направления ветра;
- выдачу расширенного отчета с отображением порядка проведения расчетов.

В справочнике - 34 вещества.

Исходными данными для расчета значения величин поражающих факторов являются:

- характеристики технологического использования, масса (давление, расход при перекачке) и агрегатное состояние АХОВ, участвующего в аварийном процессе;
- метеоусловия.

7.1 Порядок решения расчетной задачи

Формулировка задачи:

Осуществить расчет возможных зон поражения и зон потенциального риска при авариях на ОПО по нескольким сценариям развития ЧС с нанесением результатов на

карту.

Запуск программной оболочки

Для запуска системы выберите: «Пуск >> Программы >>Студия анализа риска 2011».

Ваш экран будет выглядеть как показано на рисунке 1.

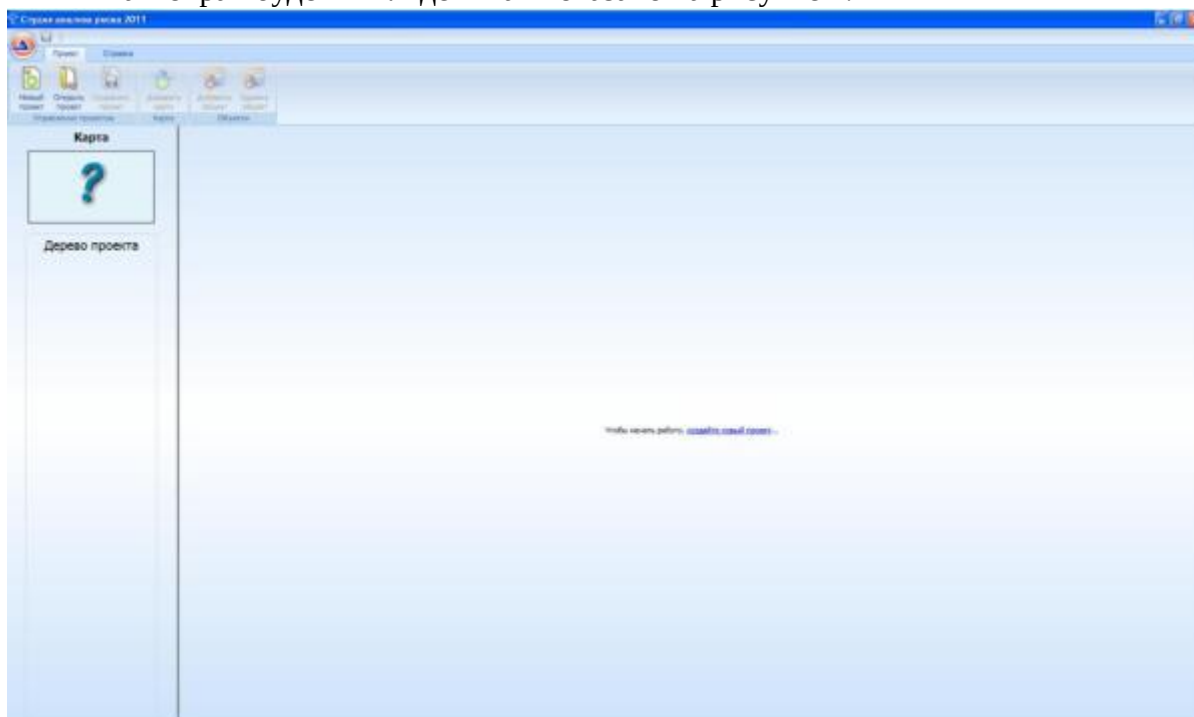


Рисунок 1. Окно запуска «Студии анализа риска 2011»

Программная оболочка позволяет осуществить прогнозирование последствий ЧС в следующем варианте: решение расчетной задачи по определению последствий ЧС с последующим нанесением результатов расчетов на карту.

После нажатия на кнопку «Создайте новый проект» появляется окно (рисунок 2) на котором выберите «Расчетная задача».

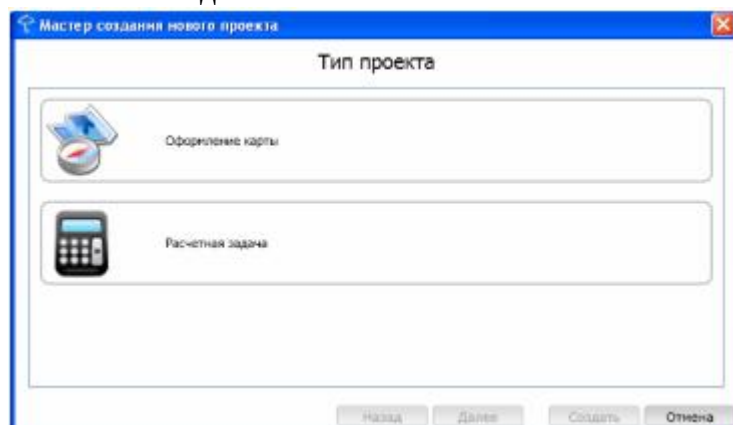


Рисунок 2. Окно выбора варианта решения задачи

Введите название объекта (не менее 3 знаков) и нажмите кнопку «Создать»
рисунок 3. Название объекта может быть в последующем изменено.

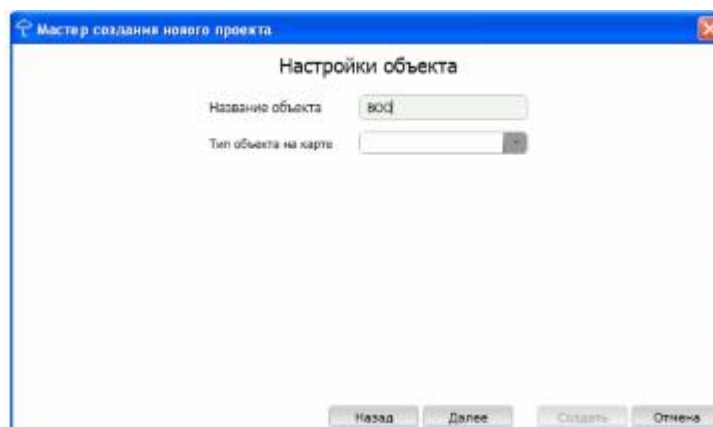


Рисунок 3. Окно выбора варианта решения задачи

Созданный Вами объект для программы является точечным источником возможных ЧС.

Выберите из окна доступных расчетных модулей (рисунок 4) - «АХОВ» и нажмите кнопку «Создать» для входа в главную форму модуля.



Рисунок 4. Окно доступных расчетных модулей

На рисунке 5 представлена главная форма АХОВ.

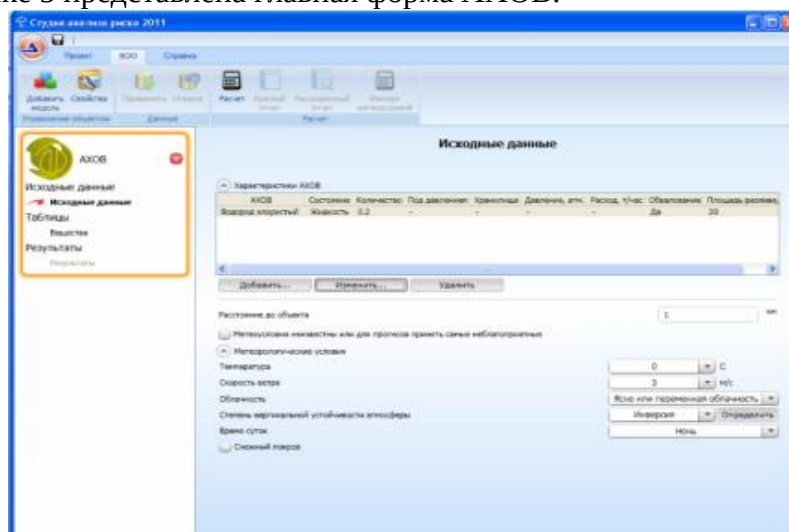


Рисунок 5. Окно основной формы программного модуля

7.2 Ввод исходных данных

Чтобы произвести расчет нужно заполнить исходные данные.

Для ввода исходных данных нажмите кнопку «Добавить».

В появившуюся форму «Редактирование параметров вещества» вносятся исходные данные (см. рисунок 6).

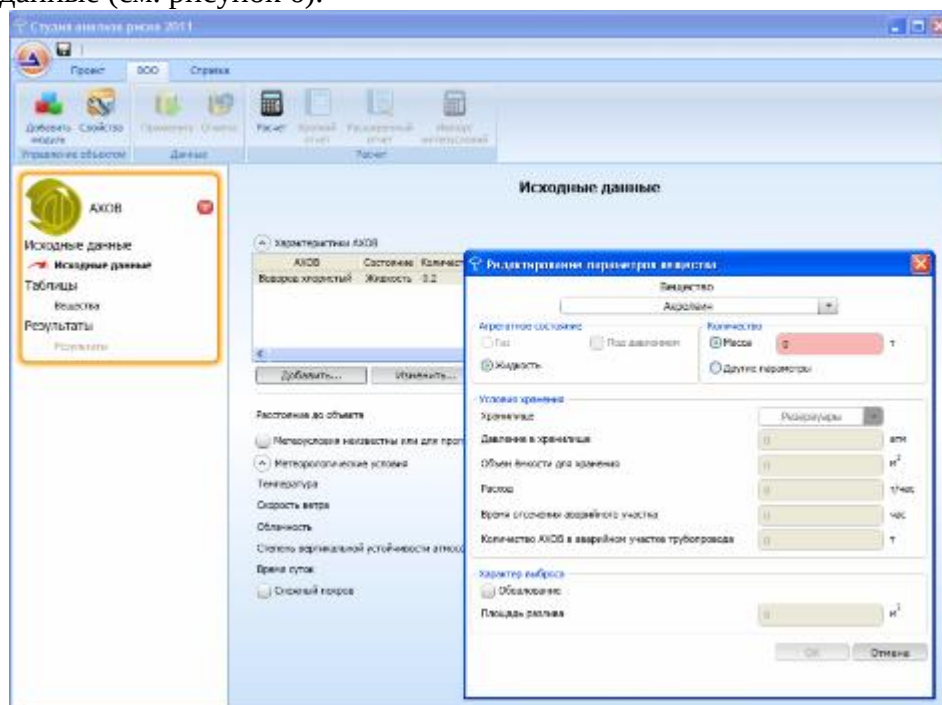


Рисунок 6. Окно формы «Редактирование параметров вещества»

Активация поля *Другие параметры* позволяет осуществить выбор условий хранения:

- емкость или трубопровод; объем емкости;
- давление в емкости (для газов).
- наличие поддона вокруг аварийной емкости и его характеристику (высота и площадь;

При выборе трубопровода вводятся - расход через трубопровод, время отключения аварийного участка и количество АХОВ в аварийном участке трубопровода.

Толщина слоя жидкости определяется делением количества вещества на площадь разлива. При свободном разливе толщина слоя жидкости принимается 0,05 м [3].

В случае некорректного ввода или отсутствия данных, поля формы будут выделены красным цветом заливки.

После заполнения формы «Редактирование параметров вещества» в *Основной форме* выбираются метеоусловия и время суток или принимаются по умолчанию наиболее неблагоприятные и вводится расстояние до объекта, расстояние до объекта (см. рисунок 7).

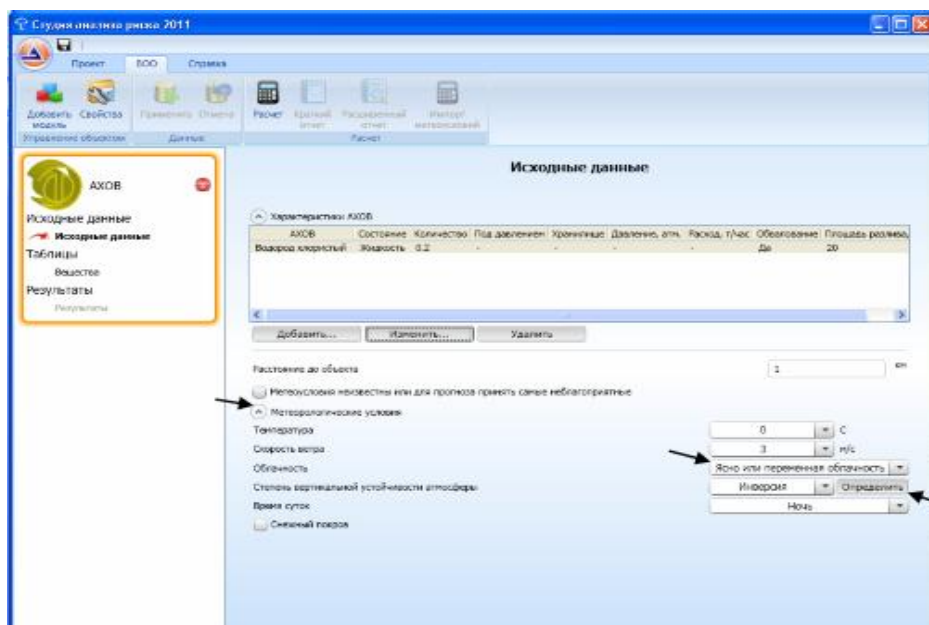


Рисунок 7. Выбор метеоусловий

Кнопка «*Определить*» (рис. 7) позволяет определить степень вертикальной устойчивости воздуха по скорости ветра, времени суток, облачности.

Нажатием на кнопку «*Добавить*» осуществляется добавление к списку рассчитываемых веществ нового АХОВ (рис. 8).

Нажатием на кнопку «*Изменить*» осуществляется возврат в форму «*Редактирование параметров вещества*» для активного вещества, определенного в основной форме (выделенного синим цветом), при нажатии на кнопку «*Удалить*» - удаляется активное вещество из списка.

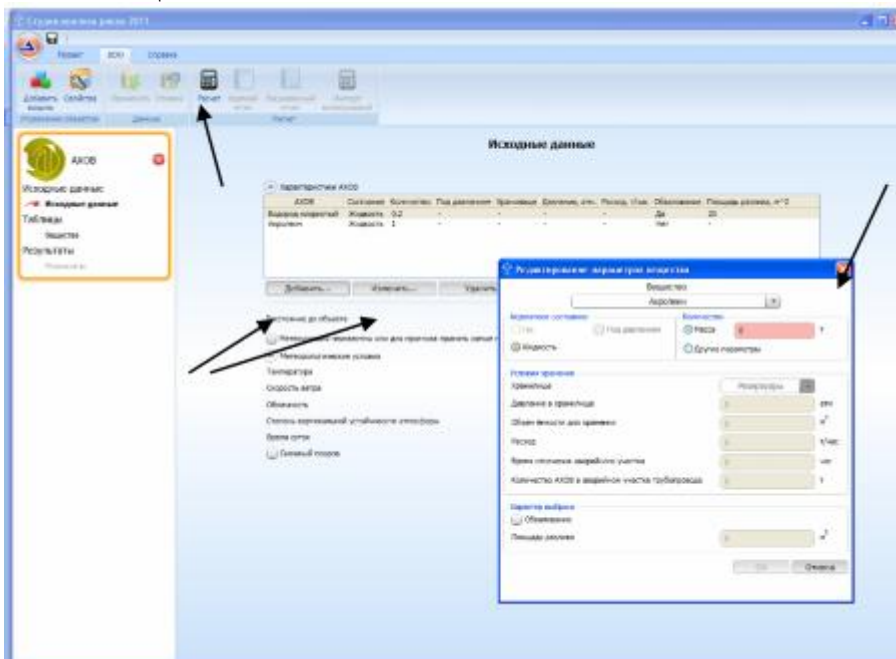


Рисунок 8. Редактирование списка веществ и ввод новых АХОВ

После ввода исходных данных нажать кнопку «*Расчет*» (см. рисунок 8). Результаты расчетов появятся в основной форме.

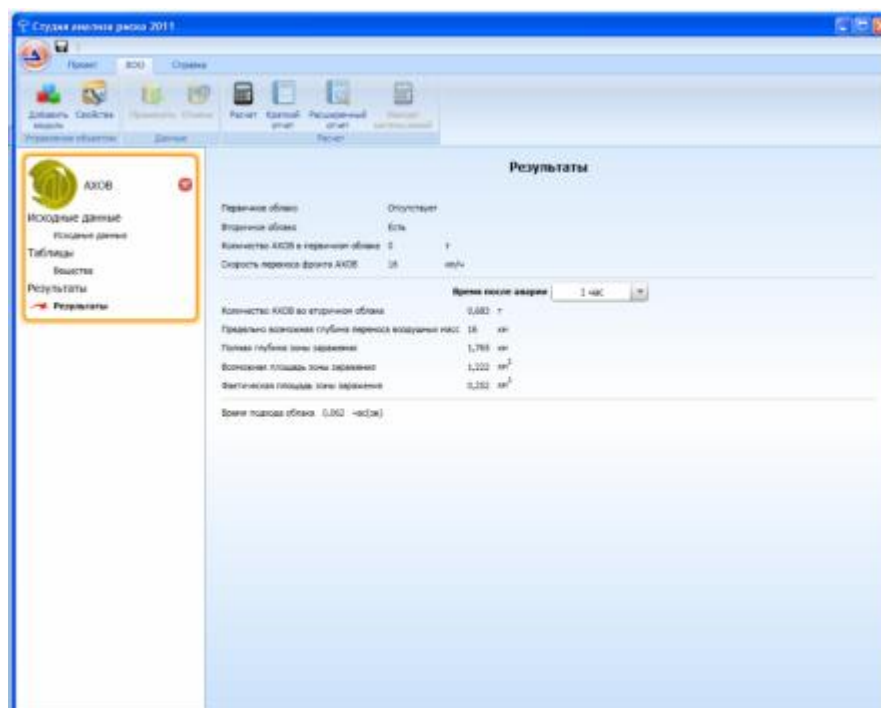


Рисунок 9. Результаты расчетов в основной форме

7.3 Работа с картой

7.3.1 Нанесение обстановки на карту

Для того, чтобы нанести обстановку на карту необходимо нажать на кнопки «Проект» основного меню и «Добавить карту» в появившемся окне.



Рисунок 10. Добавление карты к проекту

Выберите растровое изображение в формате jpeg или bmp.

Отметьте в появившемся окне поле «Подобрать размер по размеру изображения», нажмите кнопку «Применить» (рис. 11).

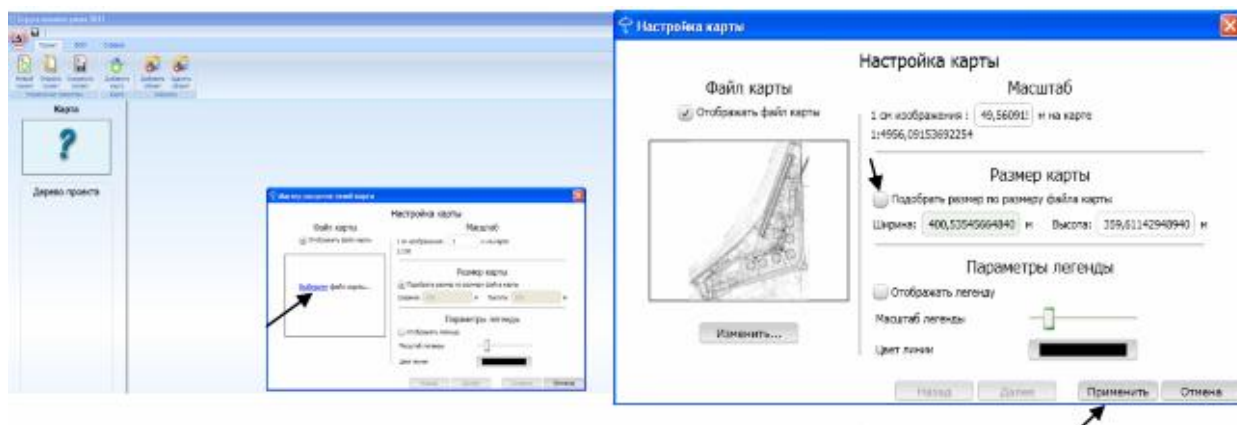


Рисунок 11. Настройка карты (изображения)

Программа выведет форму работы с картой (рисунок 12).

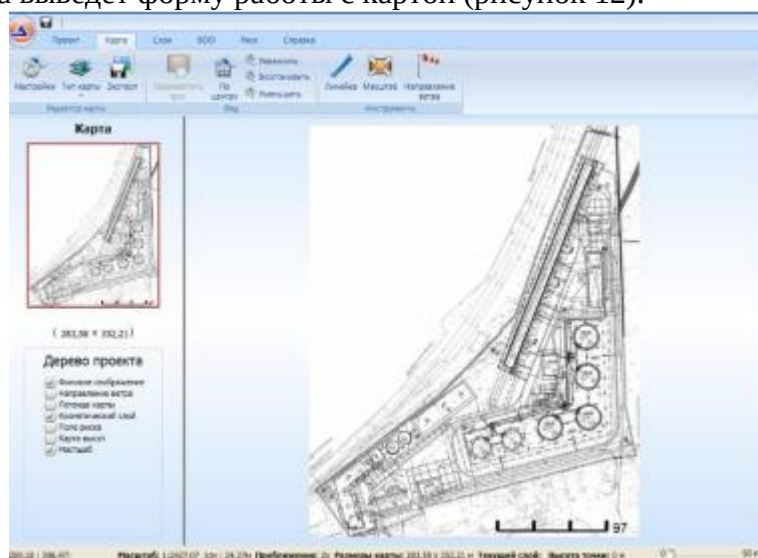


Рисунок 12. Форма работы с картой

Для выбора реального масштаба необходимо нажать на кнопку «Масштаб», при нажатой левой кнопке мыши выберите отрезок между двумя точками и введите реальную длину в появившемся окне (рисунок 13).

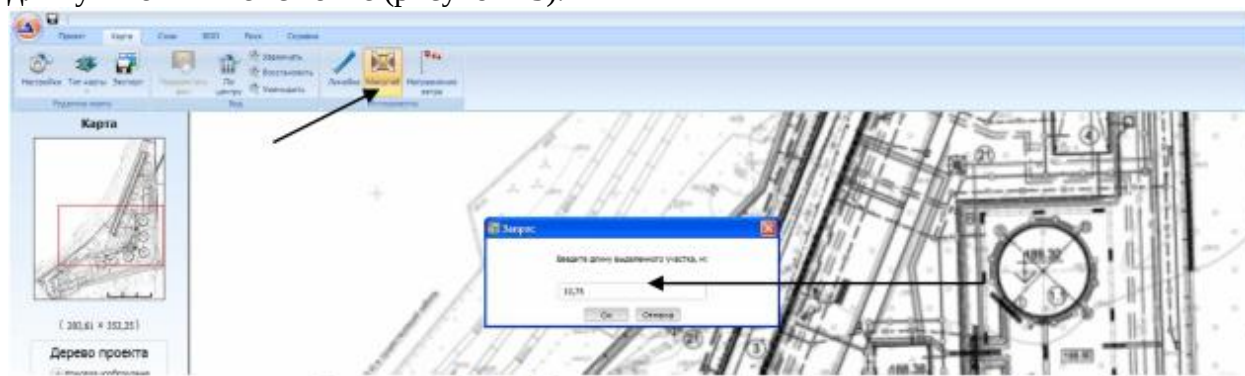


Рисунок 13. Установка реального масштаба

Если для отражения дополнительной информации или легенды карты необходимо предусмотреть дополнительное место для изображения нажмите на кнопку «Настройки». В появившемся окне уберите галочку на поле «Подобрать размер по размеру изображения» и измените размер по длине или ширине (рис. 14). При увеличении ширины карты в форме изображения появляется дополнительное пространство, которое

будет присутствовать при сохранении карты.

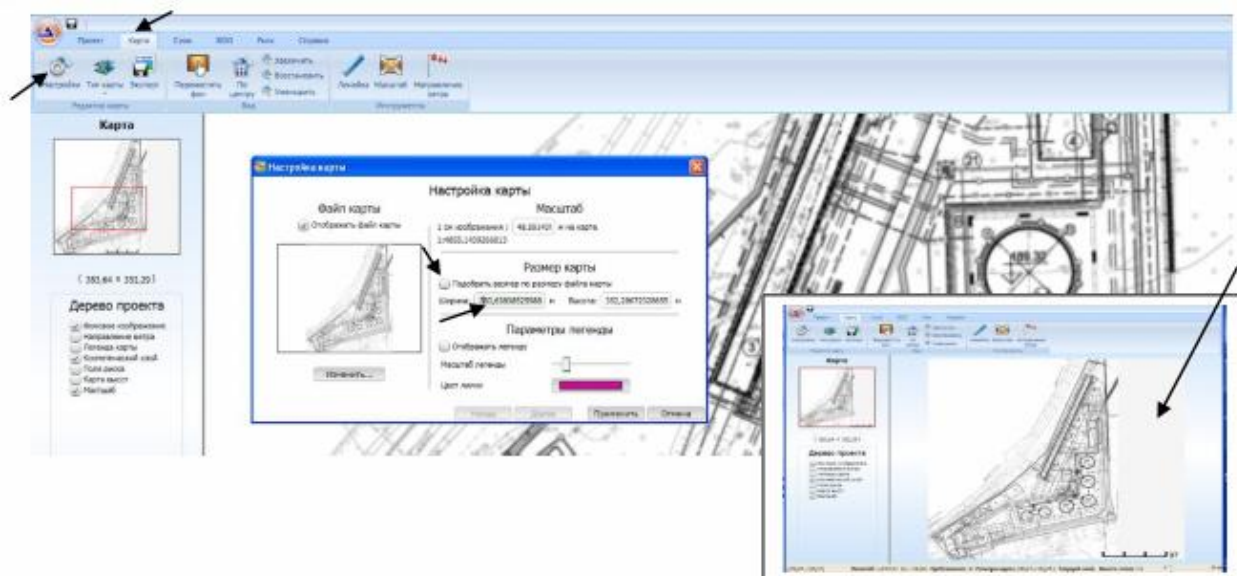


Рисунок 14. Установка дополнительного свободного пространства изображения (карты)

Изменим название объекта. В настоящий момент он называется «ВОО» и отражен в основном меню (рисунок 14).

Нажать на кнопку основного меню «ВОО» и далее на кнопку «Свойства» и заменить название (например, на РВС-10000) в появившемся окне

Выбрать тип и вид объект, виды и цвета линий, заливки и т.п. (рисунок 15) для отражения на карте.

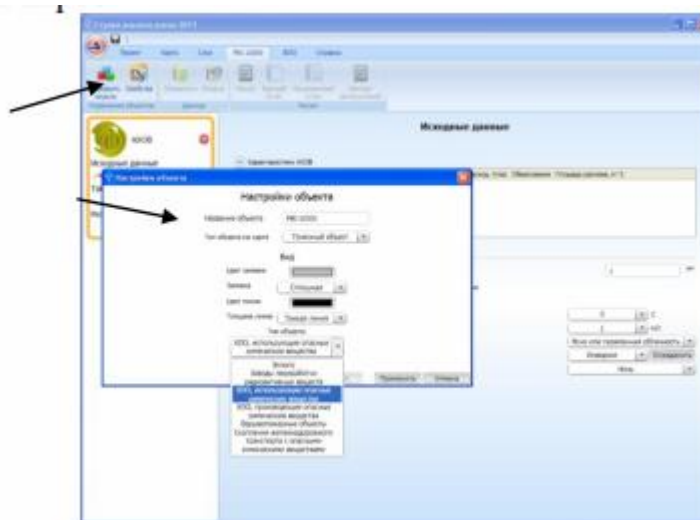


Рисунок 15. Выбор атрибутов объекта для отражения на карте

Возращение к карте осуществляется при нажатии на кнопки «карта» или «слои» основного меню.

В форме работы с картой будут отражены все зоны, расчет которых произведен расчетными модулями для данного объекта. В левой части формы отражаются сценарии, зоны которых приведены на карте. Отключением ненужных сценариев с карты удаляются соответствующие им зоны.

Разместите курсор в центре объекта, нажмите левую кнопку мыши и переместите объект в нужное место на карте.

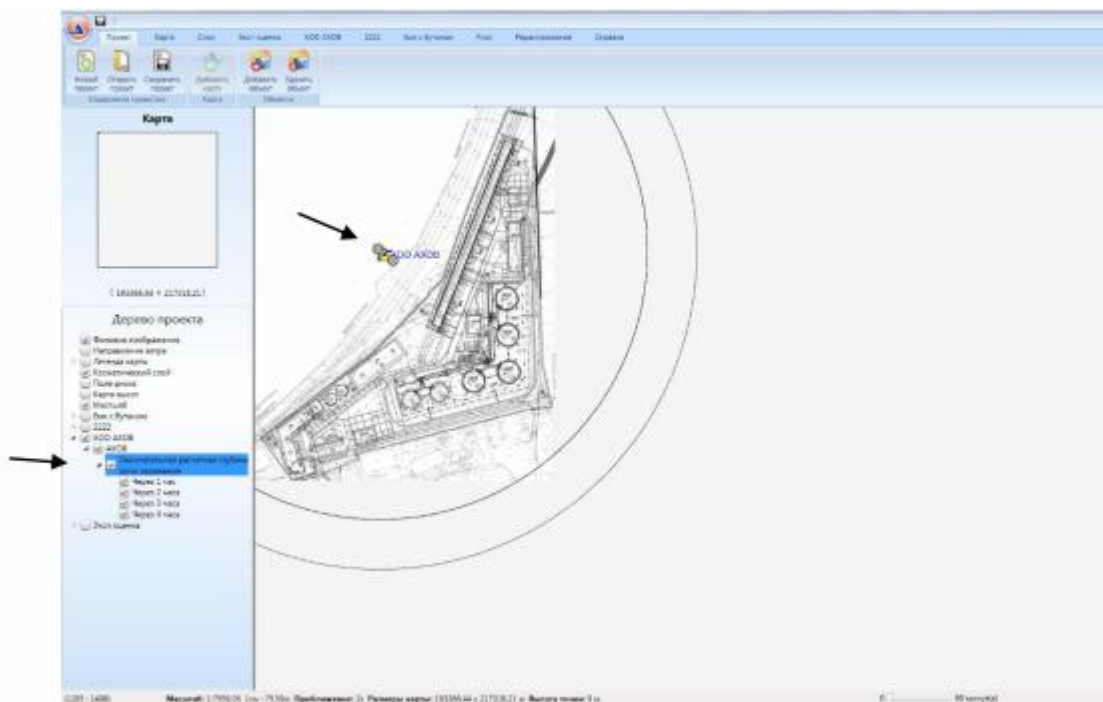


Рисунок 16. Отражение на форме работы с картой зон поражения

Для изменения линий, шрифта, заливки зон и т.п. необходимо щелчком мыши выделить необходимую зону на карте, нажатием на правую кнопку мыши вызвать подменю редактировать и установить атрибуты для нее в окне левой части формы (рисунок 16). Задание цвета осуществляется выбором цветовой гаммы и заданием прозрачности в появляющемся окне.

При щелчке мыши по полю, выбрать цвет курсором и палитру кружком.

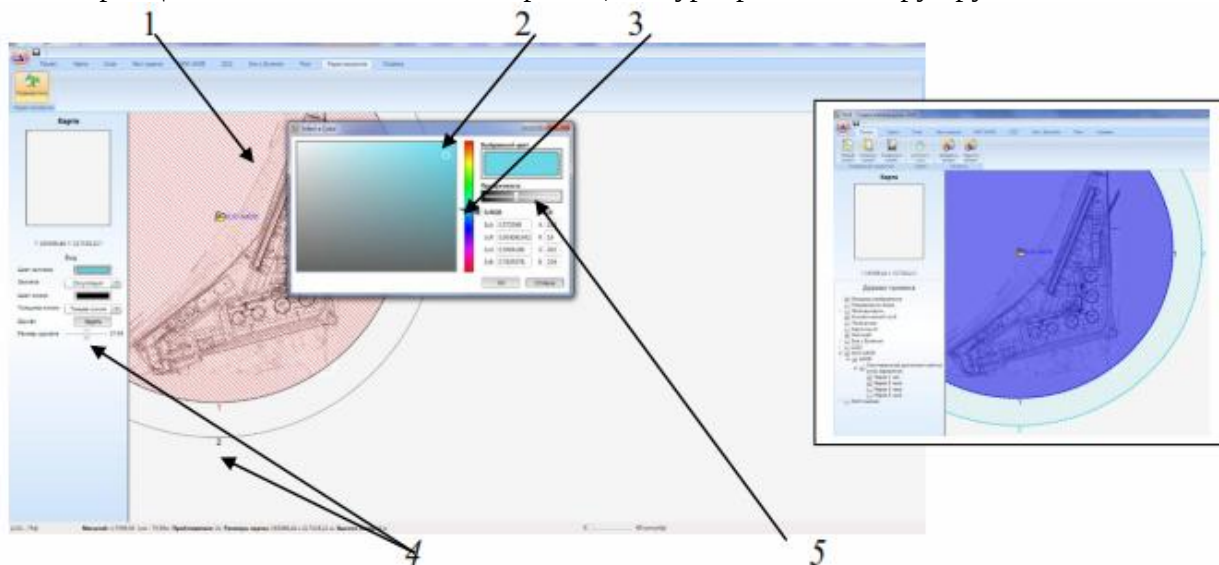


Рисунок 17. Отражение на форме работы с картой зон поражения

1. Клик мышкой по зоне выделит зону для редактирования (зона будет заштрихована красным)
2. Передвигая кружок задайте нужный оттенок зоне
3. С помощью курсора на шкале цветов выберите цвет зоны
4. Размер шрифта изменяется перемещением курсора.
5. Интенсивность цвета зоны задается в окне Прозрачность с помощью курсора

Для отражения зон поражения АХОВ на карте в программном модуле предусмотрено несколько вариантов: круги, сектора и круги с секторами. Вид сектора

определяется в зависимости от скорости ветра.

Отображение зоны поражения в виде сектора доступно при указании направления ветра: в меню «Карта» нажмите кнопку «Направление ветра». При нажатой левой кнопке мыши укажите направление ветра (откуда-куда дует). В меню «Тип карты» выберите вариант отображения зон на карте.

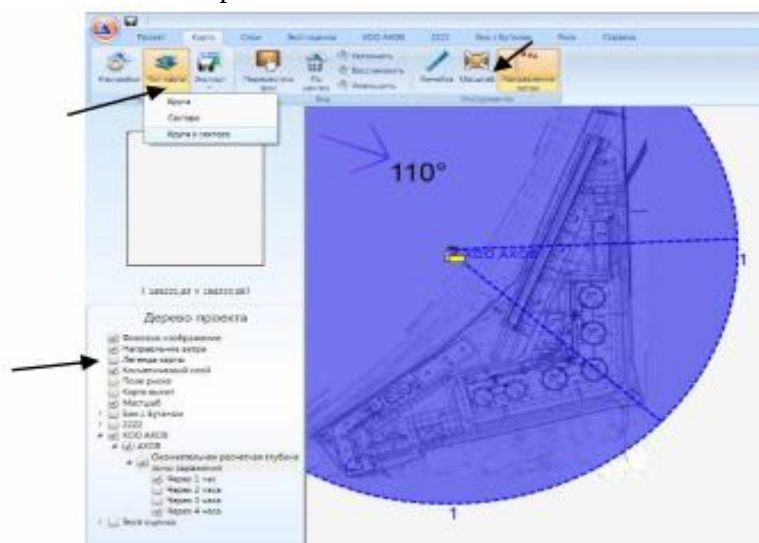


Рисунок 18 - Отображение зон поражения на карте

Для того чтобы убрать с карты направление ветра снимите галочку на соответствующем поле в левой части формы (рис. 18).

7.3.2 Добавление объекта и отображение зон потенциального риска на карте для двух и более объектов

Рядом с ХОО располагается другой резервуар РВС-500, построить зоны потенциального риска в районе размещения резервуаров.

Чтобы добавить объект на карте необходимо в подменю «Проект» нажать на кнопку «Добавить объект». Щелчком левой кнопки мыши определить местоположение объекта на карте. Задать его атрибуты в появляющихся окнах (рис. 19).

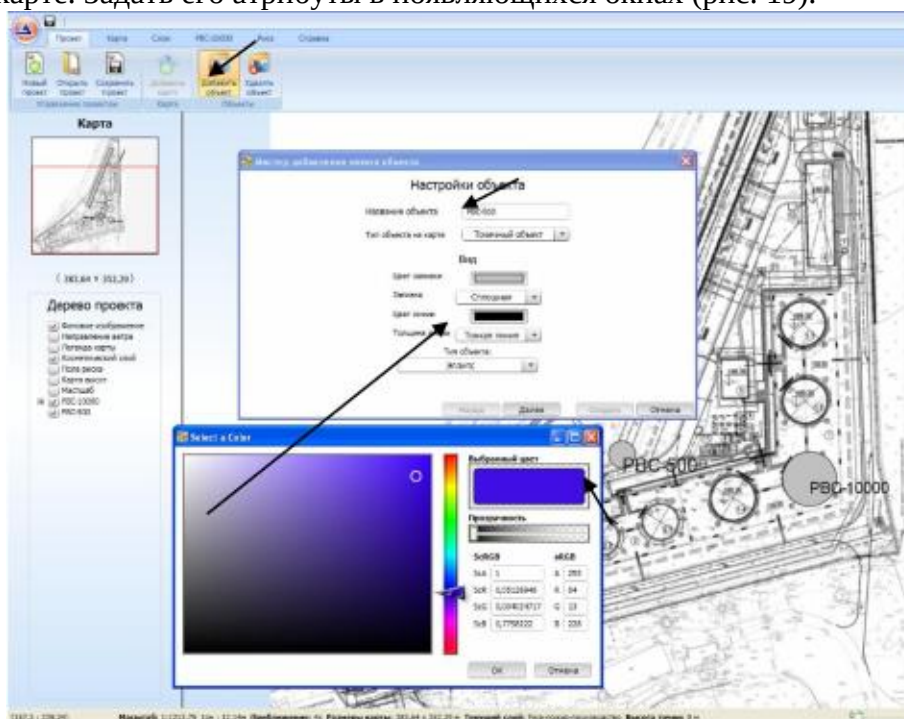


Рисунок 19 - Создание нового объекта на карте

Далее: выбрать программный модуль РПП и осуществить расчеты для нового

объекта.

После проведения расчетов на карте отразятся зоны поражения и зоны риска для РВС-500 (рисунок 20).

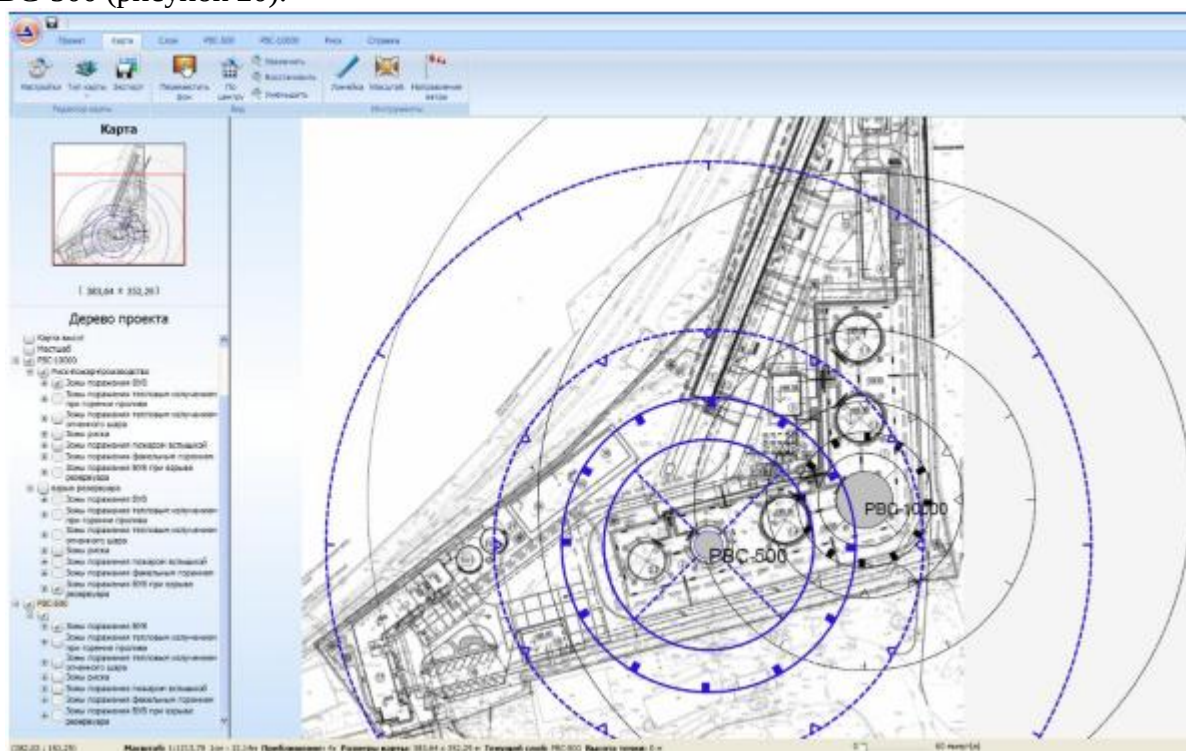


Рисунок 20. Отражение двух объектов на карте

Оставим на карте для обоих объектов только зоны риска

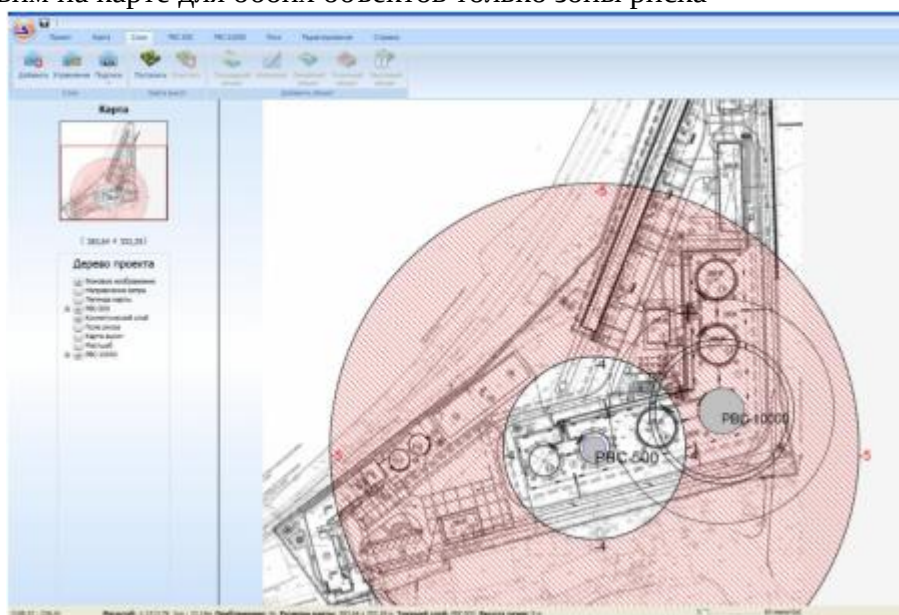


Рисунок 21. Отражение зон риска от двух объектов на карте

Зоны риска от РВС-500 перекрывают зоны риска РВС-10000 и не дают возможности их редактирования.

Для того чтобы зоны риска РВС-10000 стали доступны необходимо в подменю «Слои» нажать на кнопку «Управление» и переместить РВС-10000 вниз (рис. 22).

В результате все зоны РВС-10000 окажутся в доступном слое.

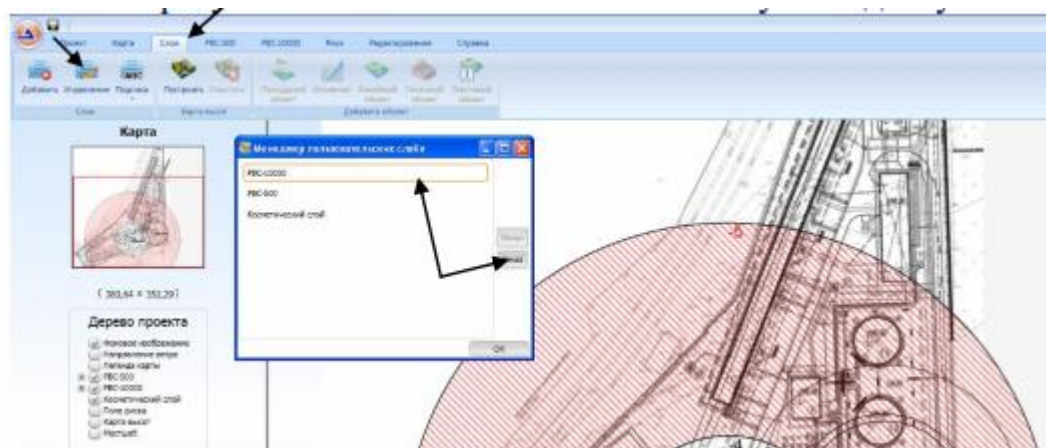


Рисунок 22. Перемещение зон объектов в верхний слой, доступный для редактирования

Для построения зон риска нажать на кнопку «Построить зоны» или «Построить градиент» (после выполнения одного из этих действий для выполнения другого нажать кнопку «Очистить поле»). Для удаления кругов, обозначающих границы зон риска снимите галочки в левой части формы.

Для отражения легенды отметьте соответствующее поле в левой части формы.

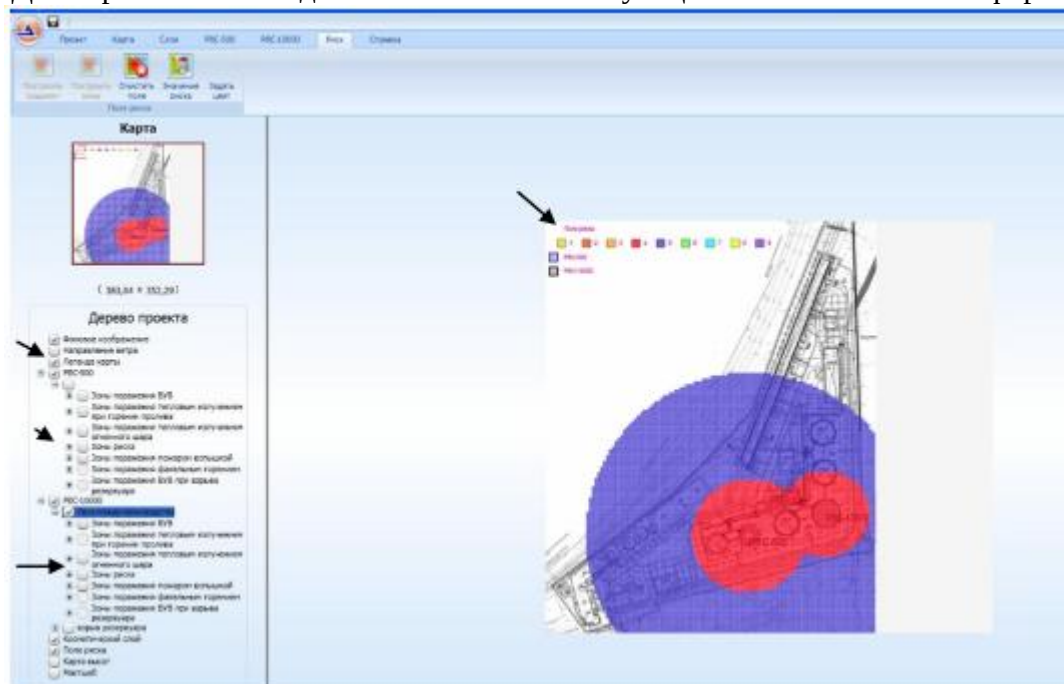


Рисунок 23. Отражение зон риска от двух объектов на карте

Для определения значения потенциального риска в точке на карте нажмите кнопку «Значение риска» и щелчком мыши определите точку пространства. Значения риска появятся в окне.

Для нанесения дополнительной текстовой информации на карту можно использовать косметический слой.

Для этого войти в подменю «Слой» и выделить поле «косметический слой» в левой части формы, нажать на кнопку «текстовый объект» и щелчком левой кнопки мыши определить его положение на карте.

При щелчке правой кнопкой мыши отредактировать атрибуты объекта косметического слоя в левой части формы.

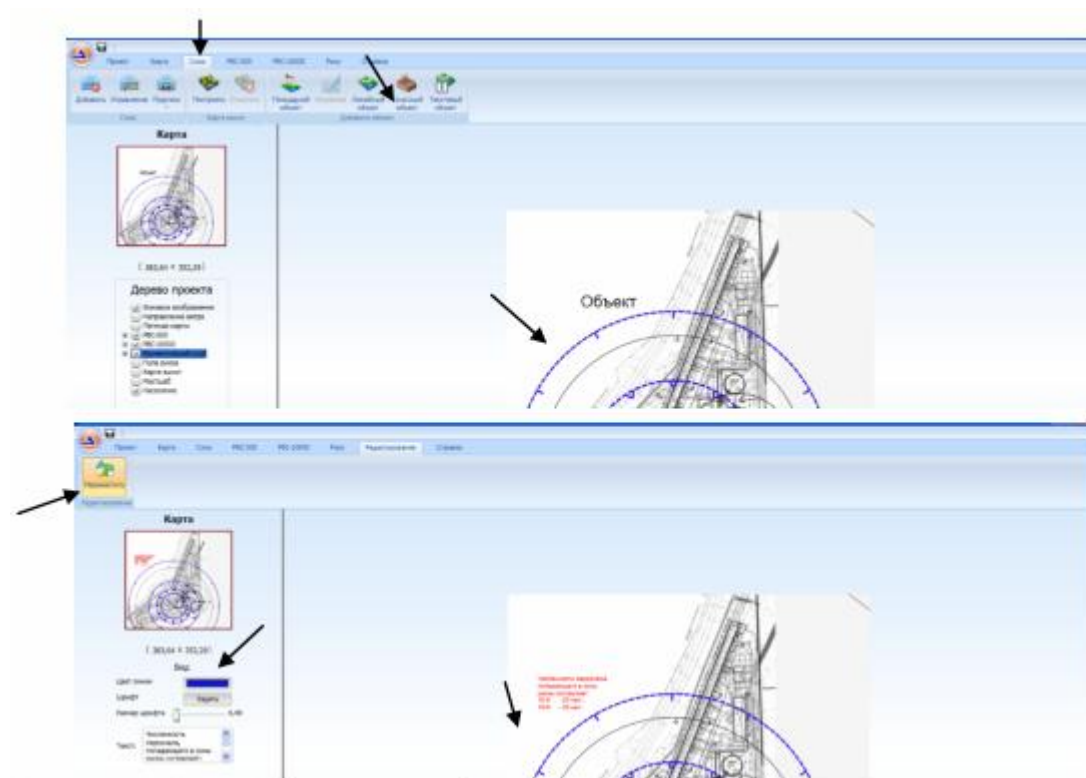


Рисунок 24. Создание и оформление объектов в косметическом слое

Рядом с РВС-10000 располагаются другие подобные резервуары с аналогичными или отличающимися характеристиками.

Отразить все резервуары на карте, произвести расчет зон поражения и риска, построить поле потенциального риска.

Для решения данной проблемы используем функцию программного модуля «Копирование» объекта.

Выделяем объект на карте и правой кнопкой мыши вызываем контекстное меню и выбираем поле «Копировать» (рис. 25).

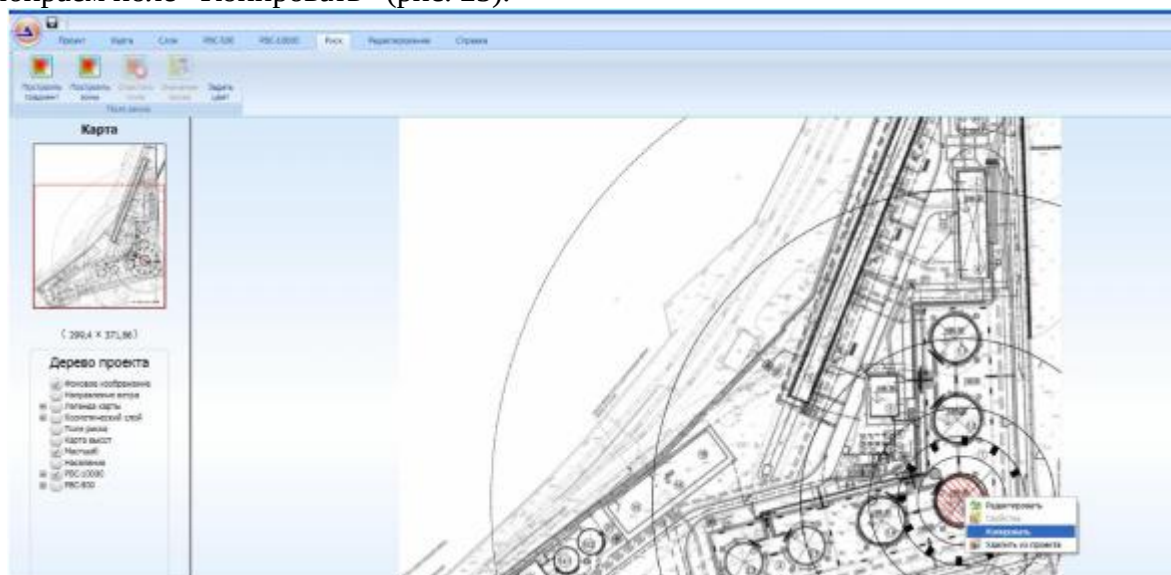


Рисунок 25. Копирование объекта

После выбора поля «Копирование» на карте и в главном меню появляется новый объект, в названии которого в скобках стоит слово «копия» (рис. 26). Мышью перенести объект на нужное место на карте.

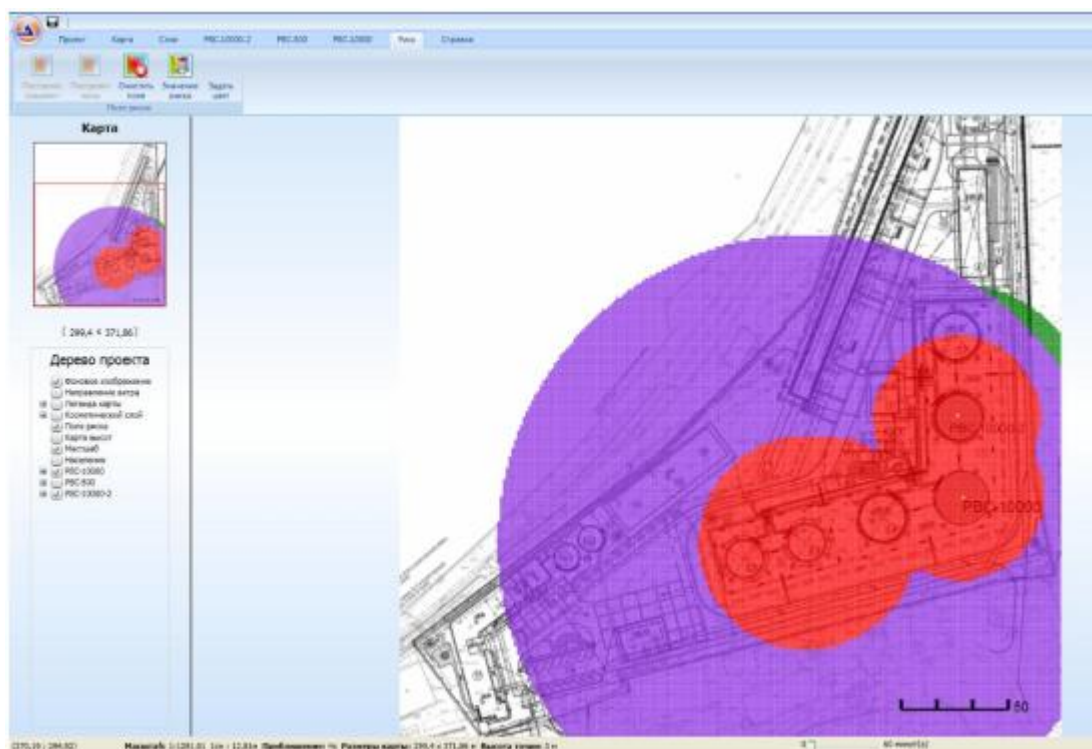


Рисунок 28. Поля потенциального риска от трех объектов

7.4 Сохранение карты и проекта

Для сохранения карты в подменю «Карта» нажать на кнопку «Экспорт» выбрать поле «Экспорт карты» или «Экспорт легенды», задать место, имя и тип сохраняемого файла в выплывающем окне (рис. 29).

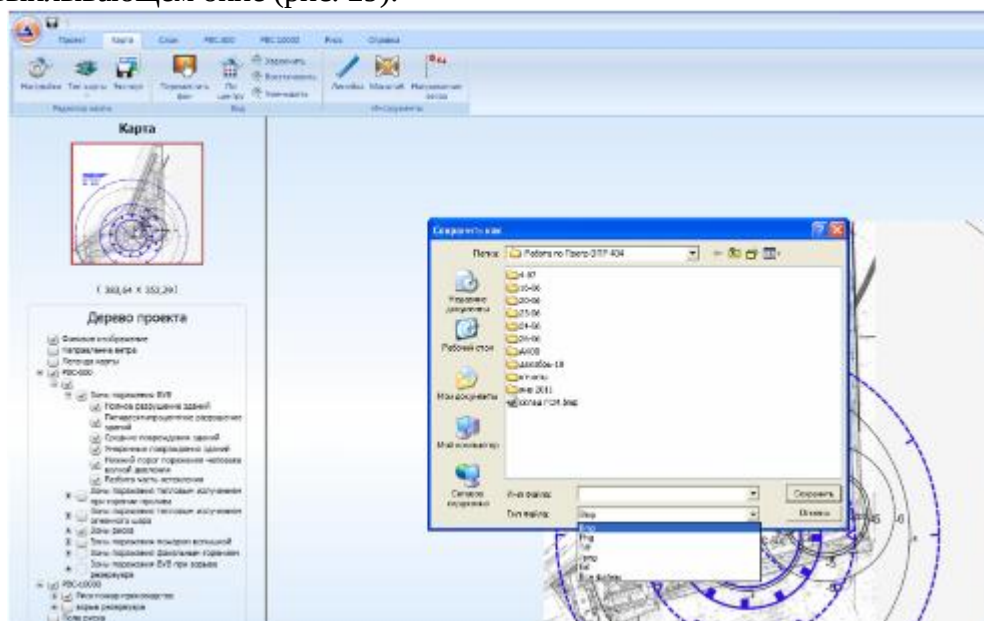


Рисунок 29. Сохранение карты

В легенде отражаются все условные обозначения активных зон поражения или риска, отмеченных в левой части формы карты (рис. 30).

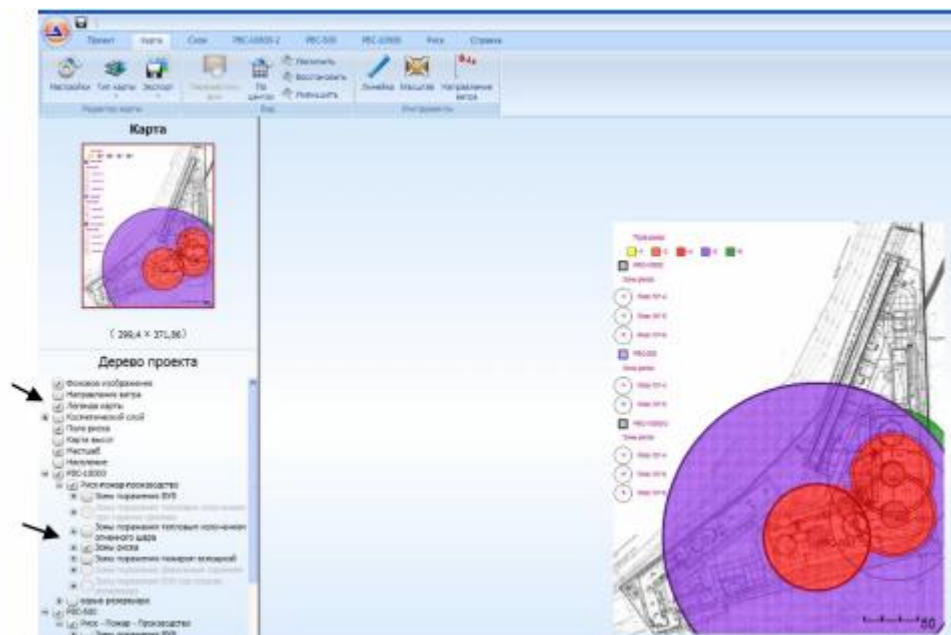


Рисунок 30. Сохранение карты с легендой

Для сохранения проекта в меню «Проект» нажать на кнопку «Сохранение проекта» указать место сохранения.

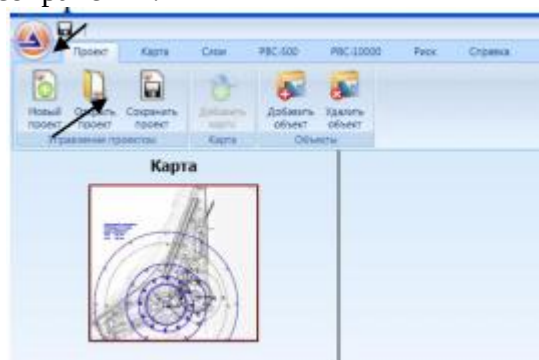


Рисунок 31. Сохранение проекта

Проект сохраняется в формате *****.dsproj**.

В проекте сохраняются все рассчитанные задачи для объектов и карта с обстановкой.

Открытие сохраненного проекта осуществляется при нажатии кнопки «Открыть проект» (рис. 32).

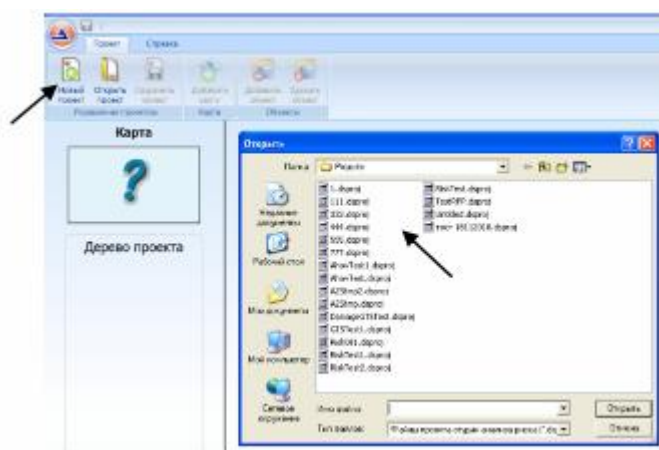


Рисунок 32. Открытие сохраненного проекта

Подробное описание назначения меню, полей и кнопок приведено в справочной системе программ.

8. Пример расчета с использованием программного комплекса «Студия анализа риска 2011»

8.1 Общие положения

Расчет проведен с использованием методики [3], изложенной в Разделе VI и с использованием программного комплекса описанного в Разделе VII. для простоты восприятия на расчет приведен для одного вещества (соляная кислота) и результаты этого расчета представлены в графической форме на карте в Приложении 6 для различного времени с момент аварии (1, 2, 3, и 4 часа). Форма представления результатов расчета соответствует форме формируемой программным комплексом. После проведения расчетов и выполнения графической части предполагается анализ полученных результатов с точки зрения масштабов заражения территории и количества пострадавших людей.

8.2 Студия анализа риска. Прогнозирование масштабов заражения АХОВ при авариях (разрушениях) на химически опасных объектах и транспорте

8.2.1 Исходные данные и предварительные результаты

Название вещества	Состояние
Соляная кислота (концентрированная)	Жидкость

Общие данные

Расстояние до объекта:	20 км.
Метеорологические условия	
Температура воздуха:	0 °C
Скорость ветра:	1 м/с
Степень вертикальной устойчивости воздуха:	Инверсия

Результаты

Наличие облаков:	
Первичное	Вторичное
Да	Да
Время подхода	4 ч.

8.2.2 Влияния веществ на окружающую среду и человека

Название - Соляная кислота (концентрированная)

Воздействие:

Физические свойства: Бесцветная жидкость. Легко испаряется и дымит на воздухе. Хорошо растворяется в воде, Коррозионна для большинства металлов.

Основные виды опасности.

Класс токсичности вещества: 2.

Максимальная емкость: 60,0 т.

Взрывоопасность: Взрывоопасна.

Пожароопасность: Негорючая жидкость.

Окислительно-восстановительные свойства: Обладает коррозионными свойствами.

Увеличение опасности:

При пожаре (нагревании): При нагревании концентрированной соляной кислоты выделяется газ HCl.

С водой образует: Нет.

С другими веществами: Сильные окислители вызывают выделение газообразного хлора.

Опасность для человека: Общее: Раздражающее, прижигающее.

Ведущие симптомы сильного отравления: I. При вдыхании – раздражение и сухость слизистой носа, кашель, чувство удушья. II. При проглатывании – тошнота, рвота, боли по ходу пищевода, в желудке. III. При попадании на кожу – ожоги, воспалительные заболевания кожи. IV. При попадании в глаза – раздражение, ожог, помутнение роговицы.

Основные проявления острого действия при попадании: При вдыхании – возможны токсический отек легких, токсический ожоговый шок, смертельный исход.

Необходимые организационно-технические меры.

Общего характера: Изолировать опасную зону. Не допускать посторонних. Держаться с наветренной стороны, избегать низких мест. В зону аварии входить в полной защитной одежде.

Действия при утечке и разливе: Изолировать зону в радиусе 200 м. Не прикасаться к пролитому веществу. Устранить, по возможности, течь или перекачать содержимое в исправную емкость с соблюдением мер предосторожности. Для осаждения паров использовать известковый раствор. Место разлива засыпать песком, разлитое вещество нейтрализовать каустической содой, известковым раствором или другими щелочными смесями. Вызвать на место аварии газоспасательную службу. Не допускать попадания вещества в водоемы, канализацию. Небольшие утечки смыть большим количеством воды с максимального расстояния или известковым раствором.

Действия при пожаре: Изолировать зону пожара. Надеть полную защитную одежду. По возможности, из зоны убрать емкости с соблюдением мер предосторожности. Охлаждать емкости водой с максимального расстояния.

Средства защиты: Средства защиты органов дыхания: Фильтрующий промышленный противогаз марки Вс/ф. Респиратор РУ-60М-В. Противогаз ГП-5 (ГП-5м). Изолирующие средства защиты: ПДУ-3, СПИ-20, ИП-4 с КИХ.

Огнегасительные средства (табельные, подручные).

Рекомендуемые действия при пожаре: Тушение сжатыми (сжиженными) газами: азот, углекислый газ и другие инертные газы, галогенированными углеводородами (состав СЖ-Б и фреоны 114В2 и 13В1), а также различными пенами: химическая, воздушно-механическая и омыленная.

Средства дегазации.

Подручные средства (сорбенты): Песок, содовый порошок, дробленый известняк.

Химические средства: Известковый раствор, раствор каустической соды.

Техника: ПММ, ПМ, АРС – поливомоечные и пожарные машины, пескоструйные аппараты.

Меры первой помощи.

Доврачебная: Промыть глаза и лицо водой. Надеть противогаз или ватно-марлевую повязку, смоченную 2% раствором пищевой соды. Эвакуировать из очага. Снять загрязненную одежду. Пораженные участки кожи промыть большим количеством воды, мыльным раствором или 2% раствором соды. Глаза и слизистые обильно промыть струей проточной воды не менее 15 минут. Вызвать скорую помощь. Срочная госпитализация.

Врачебная: I – покой, теплое питье (молоко с содой); промывание глаз, носа, рта 2% раствором пищевой соды; капли в нос – оливковое масло с эфедрином: ингаляции натрия гидрокарбоната, новокаина с эфедрином, антибиотиков, гидрокортизона. П/к кордиамин 2,0, эфедрин 5% - 1,0; при кашле либексин, кодеин, дионин, бронхолитин, горчичники, банки, тепло на область шеи, папаверин, платифиллин. II – промыть желудок через зонд 6-8 л воды; п/к папаверин 2% - 2,0, атропин 0,1% - 1,0; в/в глюкоза 5% - 500,0 с новокаином 2% - 50,0, полиглюкин 400,0. III – пораженные участки кожи обработать 10% раствором нашатырного спирта. IV – при болях закапать новокаин 2%, дикаин 0,5%, вазелиновое масло. Противопоказано вызывать рвоту искусственным путем.

8.2.3 Расчет

Определение толщины слоя АХОВ для вещества соляная кислота

(концентрированная) с массой 49,118 т:

$$h = \frac{Q_0}{F} = \frac{49,118}{20} = 2,456 \text{ м}$$

где Q_0 – количество вещества, т;

F – площадь разлива, м^2 .

Определение продолжительности поражающего действия вещества соляная кислота (концентрированная) с массой 49,118 т:

$$T = \frac{h \cdot d}{K_2 \cdot K_4 \cdot K_7} = \frac{2,456 \cdot 1,198}{0,021 \cdot 1 \cdot 0,3} = 467,011 \text{ ч}$$

где h – толщина слоя АХОВ, м;

d – плотность АХОВ, т/м^3 ;

K_2 – коэффициент, зависящий от физико-химических свойств АХОВ;

K_4 – коэффициент, учитывающий скорость ветра;

K_7 – коэффициент, учитывающий влияние температуры воздуха.

Определение эквивалентного количества вещества в первичном облаке для соляной кислоты (концентрированной) с массой 49,118 т:

$$Q_{31} = K_1 \cdot K_3 \cdot K_5 \cdot K_7 \cdot Q_0 = 0 \cdot 0,3 \cdot 49,118 = 0 \text{ т}$$

где K_1 – коэффициент, зависящий от условий хранения АХОВ;

K_3 – коэффициент, равный отношению пороговой токсодозы хлора к пороговой токсодозе другого АХОВ;

K_5 – коэффициент, учитывающий степень вертикальной устойчивости атмосферы;

K_7 – коэффициент, учитывающий влияние температуры воздуха;

Q_0 – количество выброшенного (разлившегося) при аварии вещества.

Определение эквивалентного количества вещества во вторичном облаке для соляной кислоты (концентрированной) с массой 49,118 т:

$$Q_{32} = \frac{(1 - K_1) \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 \cdot K_6 \cdot K_7 \cdot Q_0}{h \cdot d}$$

где K_1 – коэффициент, зависящий от условий хранения АХОВ;

K_2 – коэффициент, зависящий от физико-химических свойств АХОВ;

K_3 – коэффициент, равный отношению пороговой токсодозы хлора к пороговой токсодозе другого АХОВ;

K_4 – коэффициент, учитывающий скорость ветра;

K_5 – коэффициент, учитывающий степень вертикальной устойчивости атмосферы;

K_6 – коэффициент, зависящий от времени N , прошедшего после начала аварии;

K_7 – коэффициент, учитывающий влияние температуры воздуха;

d – плотность АХОВ, т/м^3 ;

h – толщина слоя АХОВ, м.

Через 1 час после аварии:

$$Q_{32} = \frac{(1 - 0) \cdot 0,021 \cdot 0,3 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,3 \cdot 49,118}{2,456 \cdot 1,198} = 0,032 \text{ т}$$

Через 2 часа после аварии:

$$Q_{32} = \frac{(1 - 0) \cdot 0,021 \cdot 0,3 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1,741 \cdot 0,3 \cdot 49,118}{2,456 \cdot 1,198} = 0,055 \text{ т}$$

Через 3 часа после аварии:

$$Q_{32} = \frac{(1 - 0) \cdot 0,021 \cdot 0,3 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 2,408 \cdot 0,3 \cdot 49,118}{2,456 \cdot 1,198} = 0,076 \text{ т}$$

Через 4 часа после аварии:

$$Q_{\Sigma 2} = \frac{(1-0) \cdot 0,021 \cdot 0,3 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 3,031 \cdot 0,3 \cdot 49,118}{2,456 \cdot 1,198} = 0,096m$$

Глубина зоны заражения для первичного облака:

$$\Gamma_1 = 0 \text{ км}$$

Глубина зоны заражения для вторичного облака:

Через 1 час после аварии:

$$\Gamma_2 = 0,633 \text{ км}$$

Через 2 часа после аварии:

$$\Gamma_2 = 0,889 \text{ км}$$

Через 3 часа после аварии:

$$\Gamma_2 = 1,058 \text{ км}$$

Через 4 часа после аварии:

$$\Gamma_2 = 1,215 \text{ км}$$

Полная глубина зоны заражения:

$$\Gamma = \Gamma' + 0,5 \cdot \Gamma''$$

где Γ' - наибольший, Γ'' - наименьший из размеров Γ_1 и Γ_2 .

Через 1 час после аварии:

$$\Gamma = \max(0; 0,633) + 0,5 \cdot \min(0; 0,633) = 0,633 \text{ км}$$

Через 2 часа после аварии:

$$\Gamma = \max(0; 0,889) + 0,5 \cdot \min(0; 0,889) = 0,889 \text{ км}$$

Через 3 часа после аварии:

$$\Gamma = \max(0; 1,058) + 0,5 \cdot \min(0; 1,058) = 1,058 \text{ км}$$

Через 4 часа после аварии:

$$\Gamma = \max(0; 1,215) + 0,5 \cdot \min(0; 1,215) = 1,215 \text{ км}$$

Предельно возможное значение глубины переноса воздушных масс определяем по формуле

$$\Gamma_n = N \cdot v \text{ км}$$

где N - время от начала аварии, ч;

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

Через 1 час после аварии:

$$\Gamma_n = 1 \cdot 5 = 5 \text{ км}$$

Через 2 часа после аварии:

$$\Gamma_n = 2 \cdot 5 = 10 \text{ км}$$

Через 3 часа после аварии:

$$\Gamma_n = 3 \cdot 5 = 15 \text{ км}$$

Через 4 часа после аварии:

$$\Gamma_n = 4 \cdot 5 = 20 \text{ км}$$

Окончательная расчетная глубина зоны заражения определяем по формуле

Через 1 час после аварии:

$$\Gamma = 0,633 \text{ км}$$

Через 2 часа после аварии:

$$\Gamma = 0,889 \text{ км}$$

Через 3 часа после аварии:

$$\Gamma = 1,058 \text{ км}$$

Через 4 часа после аварии:

$$\Gamma = 1,215 \text{ км}$$

Площадь зоны возможного заражения определяем по формуле

$$S_b = 8,72 \cdot 10^{-3} \Gamma^2 \cdot j$$

где S_b - площадь зоны возможного заражения АХОВ, км²,

Γ - глубина зоны заражения, км,

φ - угловые размеры зоны возможного заражения, град.

Через 1 час после аварии:

$$S_b = 8,72 \cdot 10^{-3} 0,633^2 \cdot 180 = 0,629 \text{ км}^2$$

Через 2 часа после аварии:

$$S_b = 8,72 \cdot 10^{-3} 0,889^2 \cdot 180 = 1,242 \text{ км}^2$$

Через 3 часа после аварии:

$$S_b = 8,72 \cdot 10^{-3} 1,058^2 \cdot 180 = 1,757 \text{ км}^2$$

Через 4 часа после аварии:

$$S_b = 8,72 \cdot 10^{-3} 1,215^2 \cdot 180 = 2,318 \text{ км}^2$$

Площадь зоны фактического заражения определяем по формуле

$$S_\phi = K_8 \cdot \Gamma^2 \cdot N^{0,2}$$

где K_8 - коэффициент, зависящий от степени вертикальной устойчивости атмосферы;

Γ - глубина зоны заражения, км;

N - время, прошедшее после начала аварии, ч.

Через 1 час после аварии:

$$S_\phi = 0,081 \cdot 0,633^2 \cdot 1^{0,2} = 0,032 \text{ км}^2$$

Через 2 часа после аварии:

$$S_\phi = 0,081 \cdot 0,889^2 \cdot 2^{0,2} = 0,074 \text{ км}^2$$

Через 3 часа после аварии:

$$S_\phi = 0,081 \cdot 1,058^2 \cdot 3^{0,2} = 0,113 \text{ км}^2$$

Через 4 часа после аварии:

$$S_\phi = 0,081 \cdot 1,215^2 \cdot 4^{0,2} = 0,158 \text{ км}^2$$

Расчет времени подхода зараженного воздуха к объекту определяем по формуле

$$t = \frac{x}{v} = \frac{20}{5} = 4 \text{ ч}$$

где x – расстояние от источника заражения до заданного объекта, км;

v – скорость переноса переднего фронта облака зараженного воздуха, км/ч.

Через 1 час после аварии

Эквивалентное количество вещества во вторичном облаке, т	0,032
Глубина зоны заражения для вторичного облака, км	0,633
Полная глубина зоны заражения, км	0,633
Предельно возможное значение глубины переноса воздушных масс, км	5
Окончательная расчетная глубина зоны заражения, км	0,633
Площадь зоны возможного заражения, км ²	0,629
Площадь зоны фактического заражения, км ²	0,032

Через 2 часа после аварии

Эквивалентное количество вещества во вторичном облаке, т	0,055
Глубина зоны заражения для вторичного облака, км	0,889
Полная глубина зоны заражения, км	0,889
Предельно возможное значение глубины переноса воздушных масс, км	10
Окончательная расчетная глубина зоны заражения, км	0,889

Площадь зоны возможного заражения, км ²	1,242
Площадь зоны фактического заражения, км ²	0,074

Через 3 часа после аварии

Эквивалентное количество вещества во вторичном облаке, т	0,076
Глубина зоны заражения для вторичного облака, км	1,058
Полная глубина зоны заражения, км	1,058
Предельно возможное значение глубины переноса воздушных масс, км	15

Окончательная расчетная глубина зоны заражения, км	1,058
Площадь зоны возможного заражения, км ²	1,757
Площадь зоны фактического заражения, км ²	0,113

Через 4 часа после аварии

Эквивалентное количество вещества во вторичном облаке, т	0,096
Глубина зоны заражения для вторичного облака, км	1,215
Полная глубина зоны заражения, км	1,215
Предельно возможное значение глубины переноса воздушных масс, км	20

Окончательная расчетная глубина зоны заражения, км	1,215
Площадь зоны возможного заражения, км ²	2,318
Площадь зоны фактического заражения, км ²	0,158

Графическая реализация расчетов приведена на карте в Приложении 6.

9. Варианты заданий

Для успешного освоения темы занятия студенту необходимо самостоятельно изучить методические указания и нормативные документы из списка литературы и на занятиях под руководством преподавателя пример выполнить задание, определив:

- толщину слоя АХОВ;
- продолжительности поражающего действия АХОВ;
- эквивалентное количество АХОВ в первичном и во вторичном облаке через заданные интервалы времени;
- глубину зоны заражения для первичного и вторичного облака через заданные интервалы времени;
- предельно возможное значение глубины переноса воздушных масс;
- окончательную расчетную глубину зоны заражения АХОВ;
- площадь зоны возможного и фактического заражения АХОВ;
- время подхода зараженного воздуха к объекту.

Полученные результаты нанести на карту.

Для заданного преподавателем варианта, приведенного в таблице 1, повести расчет с использованием программного комплекса «Студия анализа риска 2011» модуль «АХОВ». Полученные результаты нанести на карту.

По результатам работы самостоятельно составить отчет.

Таблица 1

Исходные данные	Вариант																			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Наименование АХОВ	Аммиак	Водород фтористый	Окислы азота	Окись этилена	Сернистый ангидрид	Сероводород	Сероуглерод	Соляная кислота	Триметиламин	Формальдегид	Фосген	Акролеин	Водород хлористый	Метиламин	Метилакрилат	Нитрилакриловая кислота	Фтор	Фосфор трихлористый	Хлор	Хлорциан
Количество вещества, т	10	20	30	40	50	10	20	30	40	50	10	20	30	40	50	10	20	30	40	50
Расстояние до объекта, км	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
Скорость ветра, м/с	0,5	1	1,5	2	2,5	0,5	1	1,5	2	2,5	0,5	1	1,5	2	2,5	0,5	1	1,5	2	2,5
Температура воздуха, °С	+10	-10	0	+20	-20	+10	-10	0	+20	-20	+10	-10	0	+20	-20	+10	-10	0	+20	-20
Состояние атмосферы	инверсия					изотермия					конвекция					инверсия				
Расположение емкости с АХОВ на объекте	без ограничений					в поддон					в обваловку					общий поддон				
Высота поддона (обваловки), м	-					1					1,5					1,8				
Площадь поддона (обваловки), м ²	-					40					45					50				
Анализируемый временной интервал, ч	1 - 4					1 - 4					1 - 4					1 - 4				
Расчет всех параметров провести с дискретизацией по времени, ч	1					1					1					1				

Приложение 1

Глубина (км) зоны заражения

Скорость ветра, м/с	Эквивалентное количество АХОВ, т								
	0,01	0,05	0,1	0,5	1	3	5	10	20
1 и менее	0,3	0,85	1,25	3,16	4,75	9,18	12,53	19,20	29,56
2	0,26	0,59	0,84	1,92	2,84	5,35	7,20	10,83	16,44
3	0,22	0,48	0,6,8	1,53	2,17	3,99	5,34	7,96	11,94
4	0,19	0,42	0,59	1,33	1,88	3,28	4,36	6,46	9,62
5	0,17	0,3	0,53	1,19	1,68	2,91	3,75	5,53	8,19
6	0,15	0,34	0,48	1,09	1,53	2,66	3,43	4,88	7,20
7	0,14	0,32	0,45	1,00	1,42	2,46	3,17	4,49	6,48
8	0,13	0,30	0,42	0,94	1,33	2,30	2,97	4,20	5,92
9	0,12	0,28	0,40	0,88	1,25	2,17	2,80	3,96	5,60
10	0,12	0,26	0,38	0,84	1,19	2,06	2,66	3,76	5,31
11	0,11	0,25	0,36	0,80	1,13	1,96	2,53	3,58	5,06
12	0,11	0,24	0,34	0,76	1,08	1,88	2,42	3,43	4,85
13	0,10	0,23	0,33	0,74	1,04	1,80	2,37	3,29	4,66
14	0,10	0,22	0,32	0,71	1,00	1,74	2,24	3,17	4,49
15 и более	0,10	0,22	0,31	0,69	0,97	1,68	2,17	3,07	4,34

Приложение 2

Характеристика АХОВ и вспомогательные коэффициенты для определения глубины зоны заражения

Название АХОВ	Плотность АХОВ, т/м ³		Значения коэффициентов						
	газ	жидкость	K ₁	K ₂	K ₃	K ₇ для температуры воздуха			
						- 40	- 20	0	20
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Аммиак	0,0008	0,681	0,18	0,025	0,04	0/0,9	0,3/1	0,6/1	1
Водород фтористый	-	0,989	0	0,028	0,15	0,1	0,2	0,5	1
Окислы азота	-	1,491	0	0,04	0,4	0	0	0,4	1
Окись этилена	-	0,882	0,05	0,041	0,27	0/0,1	0/0,3	0/0,7	1/1
Сернистый ангидрид	0,0029	1,462	0,11	0,049	0,333	0/0,2	0/0,5	0,3/1	1/1
Сероводород	0,0015	0,964	0,27	0,042	0,036	0,3/1	0,5/1	0,8/1	1/1
Сероуглерод	-	1,236	0	0,021	0,013	0,1	0,2	0,4	1
Соляная кислота	-	1,198	0	0,021	0,3	0	0,1	0,3	1
Триметиламин	-	0,672	0,07	0,047	0,1	0/0,1	0/0,4	0/0,9	1/1
Формальдегид	-	0,815	0,19	0,034	1	0/0,4	0/1	0,5/1	1/1
Фосген	0,0035	1,432	0,05	0,061	1	0/0,1	0/0,3	0/0,7	1/1
Акролеин	-	0,839	0	0,013	3,0	0,1	0,2	0,4	1
Водород хлористый	0,0016	1,191	0,28	0,037	0,30	0,4/1	0,6/8	0,8/1	1/1
Метиламин	0,0014	0,699	0,13	0,034	0,5	0/0,3	0/0,7	0,3/1	1/1
Метил-	-	0,953	0	0,005	0,1	0,1	0,2	0,4	1

акрилат									
Нитрилакриловая кислота	-	0,806	0	0,007	0,80	0,04	0,1	0,4	1
Фтор	0,0017	1,512	0,95	0,038	3	0,7/1	0,8/1	0,9/1	1/1
Фосфор трихлористый	-	1,57	0	0,01	0,2	0,1	0,2	0,4	1
Хлор	0,0032	1,553	0,18	0,052	1	0/0,9	0,3/1	0,6/1	1/1
Хлорциан	0,0021	1,22	0,04	0,048	0,8	0/0	0/0	0/0,6	1/1
Хлорпикрин	-	1,658	0	0,002	30	0,03	0,1	0,3	1
Этиленимин	-	0,838 7	0	0,009	0,125	0,05	0,1	0,4	1
Этилмеркаптан	-	0,839	0	0,028	0,27	0,1	0,2	0,5	1
Этиленсульфид	-	1,005	0	0,013	6	0,05	0,1	0,4	1
Нитрил акриловой кислоты	-	0,806	0	0,007	0,80	0,04	0,1	0,4	

Примечание. В графах 7-10 в числителе приводятся значения K_7 для первичного, а в знаменателе - для вторичного облака.

Приложение 3

Значение коэффициента K_4 в зависимости от скорости ветра

Скорость ветра, м/с	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	15
K_4	1	1,33	1,67	2,0	2,34	2,67	3,0	3,34	3,67	4,0	5,68

Приложение 4

Скорость (км/ч) переноса переднего фронта облака зараженного воздуха в зависимости от скорости ветра

Состояние атмосферы (степень вертикальной устойчивости)	Скорость ветра, м/с														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Инверсия	5	10	16	21	-	-	-								
Изотермия	6	12	18	24	29	35	41	47	53	59	65	71	76	82	88
Конвекция	7	14	21	28	-	-	-								

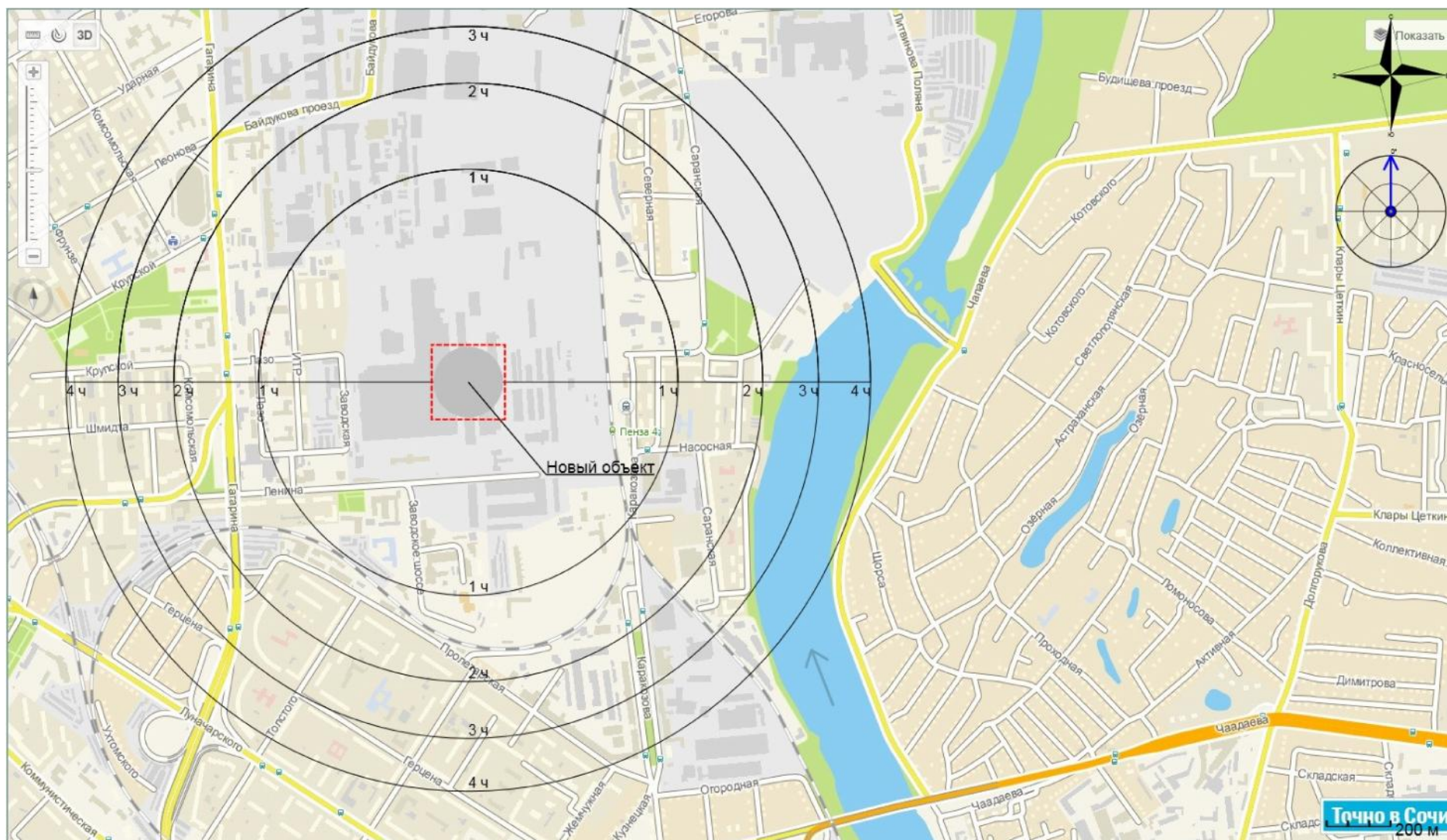
Приложение 5

Угловые размеры зоны возможного заражения АХОВ в зависимости от скорости ветра

Скорость ветра, м/с	$\leq 0,5$	0,6-1	1,1-2	более 2
Угловые размеры, ϕ°	360	180	90	45

Приложение 6

Результаты расчета



Список литературы

1. Аистов, И. П. Защита окружающей среды в чрезвычайных ситуациях: учебное пособие / И. П. Аистов, В. Д. Смирнов. – Омск Изд-во ОмГУ, 2010.
2. Горешник, И. Д. Защита окружающей среды в чрезвычайных ситуациях: учебное пособие / И. Д. Горешник, Н. Н. Вершинин, О. Е. Безбородова, Н. В. Ягниченко. – Пенза : Изд-во ПГУ, 2013.
3. Методика прогнозирования масштабов заражения сильнодействующими ядовитыми веществами при авариях (разрушениях) на химически опасных объектах и транспорте РД 52.04.253 - 90.