

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ
Государственное образовательное учреждение высшего
профессионального образования
«Оренбургский государственный университет»

Кафедра безопасности жизнедеятельности

В.А. СОЛОПОВА, А.Н. ЖИЛИН

АНАЛИЗ И ПРОГНОЗИРОВАНИЕ АВАРИИ НА ХИМИЧЕСКИ ОПАСНОМ ОБЪЕКТЕ

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

Рекомендовано к изданию Редакционно-издательским советом
государственного образовательного учреждения высшего
профессионального образования
«Оренбургский государственный университет»

Оренбург 2009

УДК 502.1 (07)
ББК 68.9 я 73
С 60

Рецензент
ст. преподаватель Л.Г. Проскурина

Солопова, В. А.
С 60 **Анализ и прогнозирование аварии на химически опасном объекте: методические указания / В.А. Солопова, А.Н. Жилин. - Оренбург: ГОУ ОГУ, 2009. – 25 с.**

Методические указания содержат системный анализ причин и условий формирования аварии на химически опасном объекте, методику прогнозирования последствий химической аварии, описание технических и организационных мероприятий по её предотвращению.

Методические указания предназначены для студентов всех специальностей при выполнении ими раздела «Безопасность труда» в дипломных проектах и для расчетов на практических занятиях по дисциплинам «Безопасность жизнедеятельности» и «Безопасность в чрезвычайных ситуациях».

ББК 68.9 я 73

© Солопова В.А.,
Жилин А.Н., 2009
© ГОУ ОГУ, 2009

Содержание

Введение.....	4
1 Анализ аварии на химически опасном объекте.....	11
2 Прогнозирование аварии на химически опасном объекте.....	16
3 Порядок проведения оценки аварии методом прогнозирования....	18
4 Вопросы для самоконтроля.....	19
5 Задание.....	20
Список использованных источников.....	21
Приложение А. Таблица А.1 – Варианты к расчету.....	22
Приложение Б. График для определения степени вертикальной устойчивости воздуха по данным прогноза погоды.....	23
Приложение В. Таблица В.1 – Численность населения Оренбурга и сел пригорода.....	24
Приложение Г. Топографическая карта местности вокруг Оренбурга.....	25

Введение

Аварийно химически опасные вещества это новый термин, присвоенный группе опасных химических веществ, которые на протяжении свыше трех десятилетий в гражданской обороне назывались сильнодействующими ядовитыми веществами [1].

В гражданской обороне термин «сильнодействующее ядовитое вещество» вместе с аббревиатурой СДЯВ был введен в середине 60-х годов. В материалах Министерства обороны СДЯВ имели следующее определение: «СДЯВ - это вещества, применяемые в народнохозяйственных целях, которые при выбросе или выливе могут привести к заражению воздуха и вызвать массовые поражения населения, а также личного состава соединений и частей». Под это определение попали аммиак, хлор, сернистый ангидрид, фосген и ряд других веществ, подобных им по физическим и токсическим свойствам.

В период использования термина «сильнодействующее ядовитое вещество» неоднократно делались попытки определить перечень опасных химических веществ (ОХВ) в целях решения практических задач по защите населения в чрезвычайных ситуациях.

В середине 80-х годов прошлого века Штабом ГО СССР совместно с Минхимпромом и Минздравом был разработан перечень ОХВ из 107 наименований. При этом наряду с аммиаком и хлором в перечень были включены такие вещества как метанол, дихлорэтан и ряд других, представляющих наибольшую опасность для организма при внутреннем их потреблении и не способных образовать очаг массового поражения при непродолжительном ингаляционном воздействии. Кроме того, такие вещества и работа с ними находились под контролем службы охраны труда. Поэтому в конце 80-х годов были разработаны новые критерии для отнесения ОХВ к СДЯВ, что привело к сокращению перечня СДЯВ.

Согласно «Временному перечню сильнодействующих ядовитых веществ» 1988 года к СДЯВ, представляющим реальную опасность и при авариях вызывающих чрезвычайные ситуации, отнесены 34 вещества. К ним относятся: акрилонитрил, акролеин, аммиак, ацетонитрил, ацетонциангидрин, окислы азота, бромистый водород, бромистый метил, диметиламин, метиламин, метилакрилат, метилмеркаптан, мышьяковистый водород, сероводород, сероуглерод, сернистый ангидрид, соляная кислота, синильная кислота, триметиламин, формальдегид, фосген, фосфор треххлористый, хлорокись фосфора, фтор, фтористый водород, хлор, хлорпикрин, хлористый водород, хлорциан, хлористый метил, этилмеркаптан, этиленамин, этиленсульфид и окись этилена. В этот перечень включены только те ОХВ, которые, обладая высокими летучестью и токсичностью, в аварийных ситуациях могут стать причиной массового поражения людей.

Однако в 1991 году с учетом масштабов использования веществ перечень СДЯВ был пересмотрен. Количество СДЯВ теперь уменьшилось и доведено

до 21. Исключены вещества, редко встречающиеся или применяемые в малых количествах и при авариях не представляющих опасности для населения.

В 1994 году вместо СДЯВ ГОСТ Р 22.0.05-94 [2] введен термин «опасное химическое вещество».

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

Данный термин оказался не совсем удачным, так как к этому классу веществ относятся все вредные вещества, используемые в промышленности, значительная часть из которых не представляет опасности в аварийных ситуациях.

Аварии, произошедшие в последние годы на химически опасных объектах, показали, что чрезвычайные ситуации могут возникать не только в результате распространения ОХВ в атмосфере, но и при сбросах их в источники водопотребления. Ранее этой проблеме отводилось второстепенное значение. Таким образом, возникла необходимость в выделении новой группы веществ, которая по своему определению должна быть отличной от группы СДЯВ. В этом случае наибольшую опасность представляют ОХВ, имеющие высокую температуру кипения и хорошую растворимость в воде.

Исходя из выше изложенного, возникла необходимость в выделении из перечня ОХВ группы только таких опасных веществ, которые при аварии могут привести к возникновению чрезвычайной ситуации. Поэтому ГОСТ Р 22.9.05-95 [3] с учетом современной международной терминологии был введен новый термин «аварийно химически опасное вещество». В этом стандарте дается следующее определение данного термина.

Аварийно химически опасное вещество (АХОВ) - опасное химическое вещество, применяемое в промышленности и сельском хозяйстве, при аварийном выбросе (выливе) которого может произойти заражение окружающей среды в поражающих живой организм концентрациях (токсодозах).

Итак, АХОВ охватывают только ту группу веществ, которая может представлять опасность в аварийных ситуациях.

АХОВ ингаляционного действия (АХОВИД) - аварийно химически опасное вещество, при выбросе (выливе) которого могут произойти массовые поражения людей ингаляционным путем.

Таким образом, на смену термину СДЯВ пришел новый термин - АХОВИД. Однако пользование полной аббревиатурой АХОВ с учетом пути проникновения его в организм создает неудобства при произношении, а также при оформлении документов. Поэтому на практике используют сокращенную аббревиатуру без приставок. Однозначно определить перечень всех АХОВ 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.

Механизм токсического действия АХОВ заключается в следующем. Внутри живого организма, а также между ним и внешней средой, происходит

интенсивный обмен веществ. Наиболее важная роль в этом обмене принадлежит ферментам - химическим (биохимическим) веществам или соединениям, способным управлять химическими и биологическими реакциями в организме. Токсичность тех или иных АХОВ заключается в химическом взаимодействии между ними и ферментами, которое приводит к торможению или прекращению ряда жизненных функций организма. Полное подавление тех или иных ферментных систем вызывает общее поражение организма, а в некоторых случаях его гибель.

Для оценки токсичности АХОВ используют ряд характеристик, основными из которых являются: концентрация и токсическая доза.

Концентрация - количество вещества (АХОВ) в единице объема, массы (мг/л, г/кг, г/м³ и т.д.).

Пороговая концентрация - это минимальная концентрация, которая может вызвать ощутимый физиологический эффект. При этом пораженные ощущают лишь первичные признаки поражения и сохраняют работоспособность.

Предельно допустимая концентрация (ПДК) в воздухе рабочей зоны - концентрация вредного вещества в воздухе, которая при ежедневной работе в течение 8 часов в день (40 часов в неделю) за время всего стажа работы не может вызвать заболеваний или отклонений состояния здоровья работающих, обнаруживаемых современными методами исследований в процессе работы или в отдаленные сроки жизни настоящего и последующего поколений. Но ПДК относится к восьмичасовому рабочему дню и не может использоваться для оценки опасности аварийной ситуации в связи с тем, что в чрезвычайных ситуациях время воздействия АХОВ весьма ограничено.

Токсическая доза - это количество вещества, вызывающее определенный токсический эффект. Токсическая доза при ингаляционных поражениях принимается равной произведению средней по времени концентрации АХОВ в воздухе на время ингаляционного поступления в организм, измеряется в г·мин/м³.

Классификация аварийно-химически опасных веществ осуществляется:

- по степени воздействия на организм человека;
- по преимущественному синдрому, складывающемуся при острой интоксикации;
- по основным физико-химическим свойствам;
- по условиям хранения и транспортировки.

Вещества, имеющие критическую температуру кипения намного ниже температуры окружающей среды (метан, кислород, этилен и др.) при поступлении в воздух «мгновенно» испаряются за счет тепла окружающей среды, образуя первичное облако паров АХОВ. Скорость образования вторичного облака является функцией подвода тепла от окружающей среды и некоторых физико-химических свойств АХОВ. Наиболее опасные источники поражающих факторов в данном случае - вторичное облако паров АХОВ, а в некоторых случаях - пожары и взрывы.

Химическая авария - это авария на химически опасном объекте, сопровождающимся проливом или выбросом ОХВ, способная привести к гибели или химическому заражению людей, сельскохозяйственных животных и растений, химическому заражению окружающей природной среды.

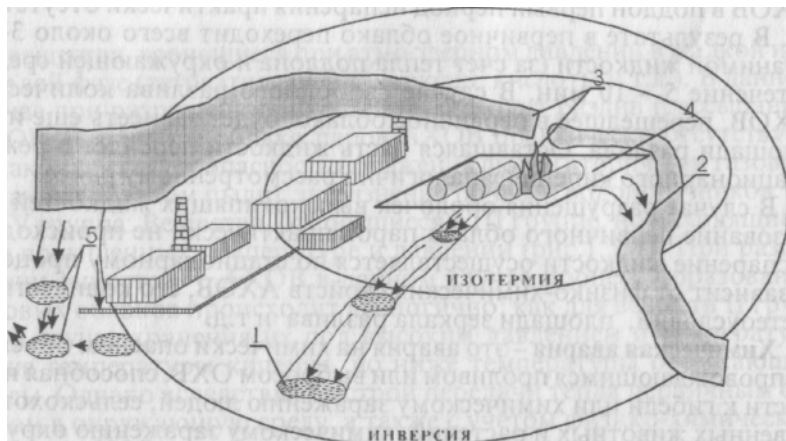
Выброс ОХВ - выход при разгерметизации за короткий промежуток времени из технологических установок, емкостей для хранения или транспортирования ОХВ в количестве, способном вызвать химическую аварию.

Пролив ОХВ - вытекание при разгерметизации из технологических установок, емкостей для хранения или транспортировки ОХВ в количестве, способном вызвать химическую аварию.

Очаг поражения АХОВ - это территория, в пределах которой в результате воздействия АХОВ произошли массовые поражения людей, сельскохозяйственных животных, растений.

Основными источниками опасности в случае аварий на химически опасных объектах (рисунок 1) являются:

- залповые выбросы АХОВ в атмосферу с последующим заражением воздуха, местности и водоисточников;
- сброс АХОВ в водоемы;
- «химический» пожар с поступлением АХОВ и продуктов их горения в окружающую среду;
- взрывы АХОВ, сырья для их получения или исходных продуктов;
- образование зон задымления с последующим осаждением АХОВ, в виде «пятен» по следу распространения облака зараженного воздуха, возгонкой и миграцией.



- 1 – залповый выброс АХОВ в атмосферу;
- 2 – сброс АХОВ в водоемы;
- 3 – «химический» пожар;
- 4 – взрыв АХОВ;
- 5 – зоны задымления с осаждением АХОВ и их возгонкой

Рисунок 1 - Схема формирования поражающих факторов при аварии на химически опасном объекте

Каждый из указанных выше источников опасности (поражения) по месту и времени может проявляться отдельно, последовательно или в сочетании с другими источниками, а также многократно повторен в различных комбинациях. Все зависит от физико-химических характеристик АХОВ, условий аварии, метеоусловий и особенностей местности.

Таким образом, в случае возникновения аварий на химически опасных объектах с выбросом АХОВ очаг химического поражения будет иметь следующие особенности:

1) образование облаков паров АХОВ и их распространение в окружающей среде являются сложными процессами, которые определяются диаграммами фазового состояния АХОВ, их основными физико-химическими характеристиками, условиями хранения, метеоусловиями, рельефом местности и т.д., поэтому прогнозирование масштабов химического заражения (загрязнения) весьма затруднено;

2) в разгар аварии на объекте действует, как правило, несколько поражающих факторов: химическое заражение местности, воздуха, водоемов; высокая или низкая температура; ударная волна, а вне объекта - химическое заражение окружающей среды;

3) наиболее опасный поражающий фактор - воздействие паров АХОВ через органы дыхания. Он действует как на месте аварии, так и на больших расстояниях от источника выброса и распространяется со скоростью ветрового переноса АХОВ;

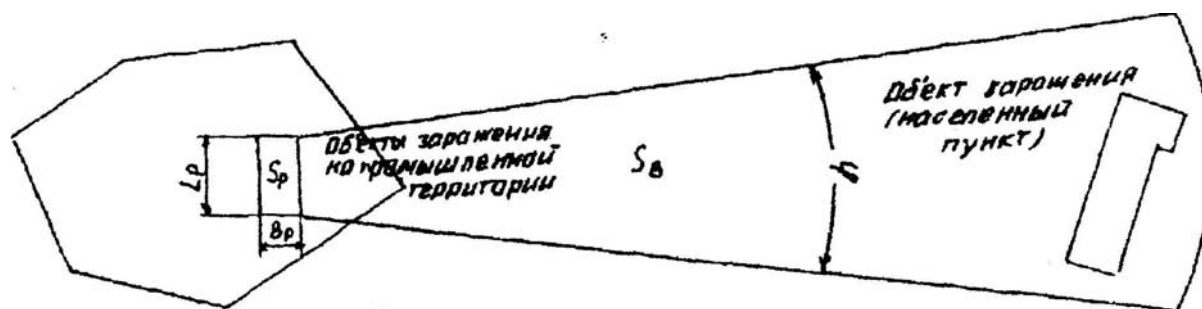
4) опасные концентрации АХОВ в атмосфере могут существовать от нескольких часов до нескольких суток, а заражение местности и воды - еще более длительное время.

В большинстве случаев при обычных условиях АХОВ находятся в газообразном или жидком состояниях. Однако при производстве, использовании, хранении и транспортировке газообразные вещества, как правило, сжимают, приводя в жидкое состояние. Это резко сокращает занимаемый ими объем. При аварии в атмосферу выбрасывается АХОВ, образуя зону заражения. Двигаясь по направлению приземного ветра, облако АХОВ может сформировать зону заражения глубиной до десятков километров, вызывая поражения людей в ближайших населенных пунктах.

Величина зоны химического заражения зависит от физико-химических свойств, токсичности, количества выброшенного в атмосферу АХОВ, метеорологических условий и характера местности.

Размеры зоны химического заражения характеризуются глубиной и шириной распространения облака зараженного воздуха с поражающими концентрациями и площадью заражения АХОВ (рисунок 2).

Форма (вид) зоны заражения в значительной мере зависит от скорости ветра. Так, например, при скорости ветра менее 0,5 м/с она принимается за окружность, при скорости от 0,6 до 1 м/с – за полуокружность, при скорости от 1,1 м/с до 2 м/с – за сектор с углом в 90°, при скорости 2 м/с и более – за сектор с углом в 45°[1].



- L_p – длина зоны заражения;
 B_p – ширина зоны заражения;
 S_p – площадь зоны заражения;
 S_ϕ – площадь возможной зоны заражения;
 ϕ – угловые размеры зоны заражения в зависимости от скорости ветра

Рисунок 2 – Схема зоны химического заражения на топографической карте

При скорости ветра 2 м/с и более зона заражения на топографической карте имеет вид сектора с углом 45° . Биссектриса сектора совпадает с осью следа облака и ориентирована по направлению ветра.

Основной характеристикой зоны химического заражения является глубина распространения облака зараженного воздуха. Она может колебаться от нескольких десятков метров до десятков километров. Глубина зоны химического заражения для АХОВ определяется глубиной распространения первичного или вторичного облака зараженного воздуха.

Первичным облаком называется облако газа (пара, аэрозоля) токсичного вещества, образовавшегося мгновенно (1-3 мин) в результате разрушения или разгерметизации емкости (резервуара). Оно распространяется на большие расстояния. Оставшаяся часть жидкости растекается по поверхности и постепенно испаряется. Газы поступают в атмосферу, образуя вторичное облако зараженного воздуха, которое распространяется на меньшее расстояние.

На глубину распространения АХОВ и на их концентрацию в воздухе значительно влияют вертикальные потоки воздуха. Их направление характеризуется степенью вертикальной устойчивости атмосферы. Различают три степени вертикальной устойчивости атмосферы: инверсию, изотермию и конвекцию [4].

Инверсия в атмосфере - это повышение температуры воздуха по мере увеличения высоты. Инверсия в приземном слое воздуха чаще всего образуются в безветренные ночи (зимой иногда и днем) в результате интенсивного излучения тепла земной поверхностью, что приводит к охлаждению, как самой поверхности, так и прилегающего слоя воздуха. Инверсионный слой является задерживающим слоем в атмосфере, он препятствует движению воздуха по вертикали, вследствие чего под ним накапливаются водяной пар, пыль, а это способствует образованию дыма и

тумана. Инверсия препятствует рассеиванию воздуха по высоте и создает наиболее благоприятные условия для сохранения высоких концентраций АХОВ.

Изотермия характеризуется стабильным равновесием воздуха. Она наиболее типична для пасмурной погоды, но может возникнуть и в утренние и вечерние часы. Изотермия так же, как инверсия, способствует длительному застою паров АХОВ на местности, в лесу, в жилых кварталах городов и населенных пунктов. При снежном покрове следует ожидать изотермию и реже инверсию.

Конвекция - это вертикальное перемещение воздуха с одних высот на другие, обусловленное архимедовой силой. Воздух более теплый и, следовательно, менее плотный, чем окружающая среда, перемещается вверх, а воздух более холодный и более плотный - вниз. При конвекции наблюдаются восходящие потоки воздуха, рассеивающие зараженное облако, что создает неблагоприятные условия для распространения АХОВ. Отмечается конвекция обычно в летние ясные дни.

Степень вертикальной устойчивости приземного слоя воздуха может быть определена по данным прогноза погоды с помощью графика (приложение Б).

Глубина распространения облаков АХОВ зависит также от температуры воздуха и скорости ветра. В летнее время АХОВ быстрее распространяются, что повышает их концентрацию в очаге заражения. Чем сильнее ветер, тем быстрее заражаются смежные территории, но облако паров АХОВ при этом быстрее рассеивается.

Оценка химической обстановки на объектах, имеющих АХОВ, проводится для организации защиты людей, которые могут оказаться в зонах химического заражения [5]. При решении задач по повышению устойчивости работы объектов экономики оценка химической обстановки проводится заблаговременно методом прогнозирования на объектах, имеющих АХОВ, и соседних с ними объектах. В случае аварии на объектах, оценка химической обстановки проводится в период возникновения ее на основании фактических данных.

Исходными данными для оценки химической обстановки являются: тип и количество АХОВ, метеоусловия, топографические условия местности и характер выброса веществ, степень защищенности близлежащего населения.

При оценке методом прогнозирования в основу должны быть положены данные по одновременному выбросу в атмосферу АХОВ при благоприятных для распространения зараженного воздуха метеоусловиях (инверсии, скорости ветра 1 м/с).

Оценка химической обстановки на объектах, имеющих АХОВ, включает:

- 1) определение размеров и площади зоны химического заражения;
- 2) определение времени подхода зараженного воздуха к определенному рубежу (объекту);
- 3) определение границ возможных очагов химического заражения;
- 4) определение возможных потерь людей в очаге химического заражения.

1 Анализ аварии на химически опасном объекте

Разработки нефтяных и газовых месторождений с высоким содержанием сероводорода и других вредных веществ, существенно повышают уровень техногенных рисков, связанных с выбросами вредных веществ в окружающую среду. Например, совокупный ущерб от крупной аварии в 2007 году на Гелиевом заводе в Оренбурге составил 1 миллиард 200 миллионов рублей.

К одним из наиболее высоких в отрасли относится уровень техногенного риска объектов трубопроводного транспорта. Это обусловлено несколькими существенными причинами: отсутствием на старых объектах современных средств предупреждения аварий и контроля за технологическими параметрами, возрастающим количеством несанкционированных вмешательств в работу объектов трубопроводного транспорта, старением и коррозией материалов, нарушением законодательных и правовых актов РФ и нормативных документов, устанавливающих правила ведения работ на объектах магистрального трубопровода [6].

При эксплуатации магистрального трубопровода имеют место следующие виды повреждений линейной части:

- сквозные коррозионные повреждения;
- трещины и разрывы в стенке трубопровода.

Коррозия металлов возникает из-за некачественной изоляции, наличия блуждающих токов, неудовлетворительной работы электрозащиты. Трещины в стенках трубопроводов обусловлены скрытыми дефектами труб, деформациями сварки и монтажа, нарушениями правил эксплуатации и внешними условиями.

Аварией на магистральном трубопроводе считается внезапное истечение газового конденсата в результате разрушения или повреждения трубопровода, сопровождаемое одним или несколькими событиями:

- травмированием людей;
- воспламенением газа или взрывом его паров;
- загрязнением окружающей среды.

Аварии на газоконденсатопроводах характеризуются высоким уровнем ущерба и потерь от аварийных ситуаций, что связано как с вероятными поражениями персонала и населения, так и со значительными негативными воздействиями на компоненты окружающей среды. При этом масса потерь продукта при аварии составляет до 370 тонн.

Объем выхода газа в окружающую среду зависит от диаметра труб, расстояния между задвижками, рельефа местности, времени обнаружения аварии и её устранения.

В этих условиях обеспечение безопасности промышленного персонала, населения и защита окружающей природной среды требуют эффективного управления техногенными рисками, основанного на системном анализе причин и условий формирования чрезвычайных ситуаций, достоверном прогнозировании их развития и последствий, а также включающем адекватные организационные и технические мероприятия.

Для этих целей используются методы снижения вероятности создания аварийной ситуации, которые позволяют оперативно и эффективно остановить развитие аварии и ликвидировать ее негативные последствия. Основными направлениями этих методов являются:

- на этапе проектирования – использование современных технических приемов, снижающих вероятность возникновения аварийных ситуаций, применение более надежных технических устройств, современных материалов с повышенными эксплуатационными характеристиками, применение на проектируемых объектах автоматизированных систем раннего обнаружения аварии и отключения поврежденных объектов;

- на этапе эксплуатации – применение безопасных приемов управления технологическими процессами, максимально исключая влияние на вероятность аварии «человеческого фактора», постоянное повышение технического уровня обслуживающего персонала, внедрение наиболее достоверных методов диагностики, позволяющих своевременно обнаруживать возникающие повреждения оборудования, а также способов оперативного и качественного восстановления работоспособности объектов;

- на этапе локализации и ликвидации аварии – владение персоналом техническими приемами и средствами, позволяющими сократить размеры ущерба, наносимого населению, рабочим, имуществу и окружающей среде, наличие в распоряжении аварийно-спасательных служб эффективных технических средств, позволяющих за максимально короткий срок остановить распространение неблагоприятных аварийных факторов, провести качественные ремонтно-восстановительные работы поврежденного оборудования и трубопроводов, а также восстановление доаварийных характеристик загрязненных в результате аварии компонентов природной среды.

При контроле технического состояния трубопроводов методы обнаружения утечек классифицируются следующим образом:

- по изменению давления перегоняемого продукта;
- по сравнению расходов давления на трубопроводе;
- по возникновению шума от утечки (ультразвуковой и акустический методы);
- по наличию газов на поверхности земли.

Одним из обязательных условий эксплуатации промысловых и магистральных трубопроводов является установка задвижек на пути следования продукта, которые в аварийных ситуациях должны перекрываться и прекращать подачу продукта в аварийную зону. Ликвидация аварий должна выполняться силами и средствами центральной ремонтной службы с привлечением, по необходимости, сил и средств сторонних организаций.

Обеспечение безопасной эксплуатации промысловых и магистральных трубопроводов, осуществляющих транспорт жидкого углеводородного сырья, невозможно без прогноза развития аварийных ситуаций и их последствий для человека и окружающей среды. При этом при вычислениях используется

информация о рельефе местности, технических характеристиках трубопровода, размещении запорной арматуры, свойствах транспортируемого газоконденсата.

Оренбургское нефтегазоконденсатное месторождение, уникальное по запасам газа, расположено на южной окраине города Оренбург. Завод по переработке газа расположен в северо-западной части Оренбургского района Оренбургской области, в степной зоне, в 38 км от областного центра [7].

Диаметр промысловых и магистральных трубопроводов составляет от 350 до 700 мм, длина колеблется от 150 до 400 км, производительность составляет 1,5 млн. тонн в год. Газопроводы рассчитаны на рабочее давление 6,6 МПа и температуру от -20 до $+40^{\circ}\text{C}$. В качестве отключающей арматуры на газопроводах установлены краны фирм «Грове» (Италия), «Камерон» (США) и USK (Япония). Линейные краны имеют 2 типа управления – местное автоматическое и ручное. Все краны оснащены автоматами аварийного отключения, срабатывающими при резких падениях давления.

Природные газы, добываемые из чисто газовых, нефтяных и газоконденсатных месторождений, состоят из углеводородов гомологического ряда метана с общей формулой C_nH_{2n+2} , а также неуглеводородных компонентов: азота (N_2), углекислого газа (CO_2), сероводорода (H_2S), меркаптанов (RSH), инертных газов (гелия, аргона, криптона, ксенона), ртути. Помимо основных составляющих, природные газы могут содержать пары углеводородного конденсата (углеводороды, близкие по составу к бензину и керосину), пары воды, метанола, диэтиленгликоля, а также частицы компрессорного масла, парафинов и механических примесей [8].

Состав природных газов, добываемых на Оренбургском месторождении, указан в таблице 1.1 [9].

Таблица 1.1 – Состав природных газов

Наименование газа	Содержание в добываемом газоконденсате, %
Метан	84,5
Этан	3,9
Пропан	1,6
Бутаны	0,8
Пентан и смесь углеводородов C_{5+}	1,5
Азот	5,8
Углекислый газ	0,6
Сероводород	1,8
Сероокись углерода	0,1
Меркаптаны	3,5

Метан и этан в атмосферных условиях являются газами, а пропан и бутан в атмосферных условиях находятся в газообразном состоянии, при повышенных давлениях – в жидком состоянии. Углеводороды, начиная с

изопентана и более тяжелые, при атмосферных условиях находятся в жидком состоянии. Они входят в состав бензиновой фракции.

Значительные выбросы углеводородов в атмосферу могут привести к отрицательному влиянию на человека и окружающую среду: вызывают повышенную заболеваемость органов дыхания, изменения центральной нервной системы – астеновегетативный и церберо-эстемический синдром. Большое количество производных углеводородов являются потенциальными мутагенами и канцерогенами. К ним относятся некоторые галогенпроизводные метана, этана и пропана, а также некоторые кислород- и азотсодержащие соединения.

Газ в наших плитах и колонках не имеет запаха, поэтому для обнаружения утечки в него специально добавляют меркаптаны – серосодержащие соединения, имеющие неприятный запах. Поэтому люди не правы, когда говорят «пахнет газом» – на самом деле пахнет меркаптаном. При горении газа в горелке происходит контролируемая реакция его с кислородом с отводом тепла и продуктов горения. Другое дело, когда газ выходит в воздух без горения с образованием газо-воздушной смеси.

При аварийном выбросе смесь газов в газоконденсате будет вести себя следующим образом: метано-этановая фракция улетучится и рассеется в атмосфере, более тяжелые углеводороды C_{5+} останутся в жидком состоянии, а вторичное облако будет составлять пропано-бутановая фракция, сероводород и меркаптаны.

Углеводородные газы обладают сильным наркотическим действием на организм человека, при этом смерть может наступить от паралича дыхания. Действие низкомолекулярных углеводородов приводит к рвоте, замедлению пульса. ПДК углеводородов в рабочей зоне составляет 300 мг/м^3 , в населенных пунктах – 5 мг/м^3 . При действии даже пороговых концентраций может наблюдаться неустойчивость реакций центральной нервной системы.

Сероводород является сильным нервно-паралитическим ядом. Порог ощущения запаха сероводорода у человека соответствует от $1 \cdot 10^{-2} \text{ мг/м}^3$ до $3 \cdot 10^{-2} \text{ мг/м}^3$, при 4 мг/м^3 ощущается значительный запах, головная боль. При вдыхании сероводорода в концентрации 1000 мг/м^3 отравление развивается почти мгновенно: судороги и потеря сознания оканчиваются быстрой смертью от остановки дыхания. Индикатором на повышение концентрации сероводорода являются глаза: чувство жжения, покраснение и опухание глаз. Сероводород помимо опасного хронического отравления способен изменить работу ответственных анализаторных систем организма человека, его поведение, что имеет важное значение для безопасности труда и эффективной работы. Привыкание к сероводороду не наступает. ПДК сероводорода в воздухе рабочей зоны 100 мг/м^3 . Вредное действие сероводорода в смеси с легкими углеводородами увеличивается, поэтому установлена более жесткая ПДК таких смесей – 3 мг/м^3 .

Меркаптаны относятся к ядам, действующим на нервную систему. Меркаптаны образуются из спиртов путем замены гидроксильной группы (OH) на сульфгидрильную (SH). Низшие члены гомологического ряда обладают ярко

выраженным специфическим (нетерпимым) запахом. Порог обонятельного ощущения $2 \cdot 10^{-6}$ мг/м³. Смертельная концентрация (для этилмеркаптана C_2H_5SH) – 2 г/м³.

Если эта смесь газов попадает в воздух, её пары действуют аналогично бензину, т.е. вызывают слабость, головную боль, симптомы удушья, головокружение, обостряют течение хронических болезней [10].

Для ликвидации последствий аварии по сценарию «выброс токсичных веществ в атмосферу» применяются следующие технические мероприятия:

- в месте происшедшей аварии на газопроводе следует устанавливать охранную зону. Охранная зона места ликвидации аварии должна быть в радиусе 150 м при диаметре трубопровода свыше 300 мм и 200 м при диаметре трубопровода свыше 600 мм;

- в охранной зоне места ликвидации аварии запрещается применять открытый огонь. Работы, выполняемые на глубине более 0,3 м, следует проводить инструментом, исключающим искрение при ударе;

- для сбора конденсата, находящегося в газопроводах, на их трассе допускается сооружать аварийные емкости (открытые земляные амбары).

Для защиты персонала и населения при возникновении аналогичной аварии необходимо провести следующие организационные мероприятия:

а) вызвать пожарную охрану и военизированный отряд по предупреждению возникновения и по ликвидации открытых газовых фонтанов;

б) подготовить к действию средства пожаротушения;

в) прекратить работы с применением открытого огня и другие опасные работы, кроме работ, связанных с мероприятиями по ликвидации выброса;

г) удалить из опасной зоны всех рабочих и инженерно-технический персонал, не занятых аварийными работами;

д) принять меры к локализации и ликвидации аварии с применением средств защиты и искробезопасных инструментов;

е) при разрыве газопровода вблизи населенного пункта, железнодорожной или автомобильной дороги район аварии следует немедленно оцепить и выставить предупредительные знаки, а в ночное время освещать красными световыми сигналами (фонарями во взрывобезопасном исполнении), прекратить движение транспорта в этом районе. Запрещающие движение знаки выставляются на расстоянии от места разрыва 800 м в обе стороны железных дорог и 500 м - автомобильных дорог. Необходимо также уведомить службу эксплуатации железной или автомобильной дороги о происшедшей аварии [11];

ж) провести оповещение близживущего населения. Основным способом оповещения населения об авариях с выбросом (выливом) АХОВ является передача речевой информации через местную теле- и радиовещательную сеть. При получении информации об аварии необходимо в помещениях закрыть все окна и двери, по возможности включить средства кондиционирования и аварийной вентиляции и не выходить на улицу. Если запах газа ощущается, необходимо на органы дыхания наложить смоченную ватно-марлевую повязку.

2 Прогнозирование аварии на химически опасном объекте

При разрушении трубопровода в воздух поступает смесь газов, при этом размеры зоны химического заражения зависят в первую очередь от метеоусловий и топографических особенностей местности. Объем воздуха, в котором распределена смесь газов, является вторичным облаком зараженного воздуха.

Расстояние от наветренной границы района аварии, пребывание на котором людей может привести к неблагоприятным последствиям, называют глубиной распространения облака зараженного воздуха. Глубина распространения (Γ) зависит от метеорологических условий и ориентировочно определяется по таблице 2.1.

Таблица 2.1 – Глубина распространения облаков зараженного воздуха на открытой местности, при скорости ветра 1 м/с

Состояние атмосферы	Глубина распространения (Γ), км
Инверсия	103
Изотермия	85
Конвекция	78

Глубина распространения облаков зараженного воздуха зависит от температуры воздуха и скорости ветра. Чем сильнее ветер, тем быстрее заражаются смежные территории, но облако паров АХОВ при этом быстрее рассеивается. При расчетах значение глубины распространения облаков зараженного воздуха умножается на поправочный коэффициент. Значения поправочных коэффициентов для учета влияния скорости ветра и атмосферных условий приведены в таблице 2.2.

Таблица 2.2 – Поправочные коэффициенты

Состояние атмосферы	Скорость ветра, м/с					
	1	2	3	4	5	6
Инверсия	1	0,60	0,45	0,38	-	-
Изотермия	1	0,71	0,55	0,50	0,45	0,41
Конвекция	1	0,70	0,62	0,55	-	-

Ширина зоны заражения (Π) зависит от степени вертикальной устойчивости воздуха и определяется по следующим соотношениям

$$\begin{aligned}
 Ш &= 0,03 \cdot Г \text{ – при инверсии;} \\
 Ш &= 0,15 \cdot Г \text{ – при изотермии;} \\
 Ш &= 0,8 \cdot Г \text{ – при конвекции,}
 \end{aligned}
 \tag{2.1}$$

где $Г$ – глубина распространения облака зараженного воздуха, км.
Площадь зоны заражения определяется по формуле (2.2)

$$S = \frac{Г \cdot Ш}{4},
 \tag{2.2}$$

где S – это площадь зоны заражения, км²;

$Г$ – глубина распространения облака зараженного воздуха, км;

$Ш$ – ширина распространения облака зараженного воздуха, км.

Для полной оценки обстановки в районе аварии необходимо знать время (t), мин, в течение которого облако зараженного воздуха достигнет определенного населенного пункта и в нем возникнет угроза отравления людей. Это время определяется делением расстояния от места аварии до данного населенного пункта (R) на среднюю скорость переноса облака воздушным потоком, v_{CP} , м/с. Средняя скорость, в свою очередь, зависит от расстояния, метеорологических условий и скорости ветра и определяется по таблице 2.3.

Таблица 2.3 – Средняя скорость переноса облака зараженного воздуха, v_{CP} , м/с

Скорость ветра, м/с	Инверсия		Изотермия		Конвекция	
	$R \leq 10$ км	$R > 10$ км	$R \leq 10$ км	$R > 10$ км	$R \leq 10$ км	$R > 10$ км
1	2,0	2,2	1,5	2,0	1,5	1,8
2	4,0	4,5	3,0	4,0	3,0	3,5
3	6,0	7,0	4,5	6,0	4,5	3
4	-	-	6,0	8,0	-	-
5	-	-	7,5	10,0	-	-
6	-	-	9,0	12,0	-	-

Для определения границ возможных очагов химического заражения по прогнозу необходимо нанести на топографическую карту (план) зону химического заражения и выделить объекты, населенные пункты или их части, которые попадают в прогнозируемую зону воздействия облака зараженного воздуха. Расчетными границами возможных очагов химического заражения будут границы этих объектов, населенных пунктов или районов.

Потери рабочих, служащих и населения в очаге химического заражения зависят от токсичности, количества АХОВ и времени пребывания людей в очаге поражения, степени защищенности и своевременности использования индивидуальных средств защиты (противогазов и респираторов). Характер поражения людей, находящихся в зоне химического заражения может быть различным. Он определяется главным образом токсичностью АХОВ и полученной токсодозой. Население в близлежащих населенных пунктах находится в простейших укрытиях или зданиях и не обеспечено средствами защиты, поэтому возможные потери людей, пострадавших от АХОВ могут составлять 52 %.

На основании данного прогноза определяются пути возможного предотвращения подобных аварий и способы своевременного предупреждения и защиты людей в близлежащих населенных пунктах.

3 Порядок проведения оценки аварии методом прогнозирования

3.1 Определить метеорологические условия по данным прогноза погоды (приложение Б).

3.2 На топографической карте местности вокруг Оренбурга (приложение Г) отметить место аварии. Каждый квадрат данной топографической карты, площадью 8 км², делится условно на четыре зоны, обозначенных буквами алфавита, пример указан на рисунке 3.

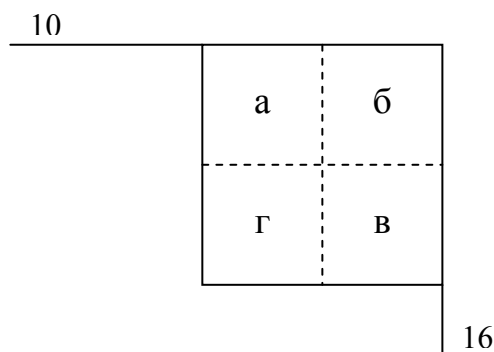


Рисунок 3 – Пример деления квадрата топографической карты на зоны

3.3 Определить глубину распространения облака зараженного воздуха на открытой местности, при скорости ветра 1 м/с по данным таблицы 2.1.

3.4 Рассчитать глубину распространения облака зараженного воздуха (L), км, с учетом скорости ветра путем умножения на коэффициент таблицы 2.2.

3.5 Определить ширину зоны заражения ($Ш$), км по соотношениям (2.1).

3.5 Рассчитать площадь зоны заражения (S), км² по формуле (2.2).

3.6 Нанести на топографическую карту площадь зоны заражения вокруг места аварии с учетом масштаба карты. Площадь зоны заражения представляет

из себя прямоугольник. От середины основания этого прямоугольника строго вверх отложить величину глубины распространения облака зараженного воздуха (L) и провести перпендикуляр.

3.7 При скорости ветра 2 м/с и более зона заражения на топографической карте имеет вид сектора с углом 45° . Радиус сектора равен « L » (глубина зоны заражения), биссектриса сектора совпадает с осью следа облака и ориентирована по направлению ветра. Пример нанесения сектора указан на рисунке 4.

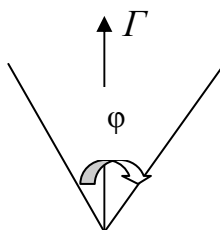


Рисунок 4 – Пример нанесения сектора на топографическую карту

3.8 По границам сектора проводятся линии до перпендикуляра, затем параллельно им проводятся линии от основания прямоугольника, т.к. испарение идет со всей площади заражения.

3.9 Рассчитывается время подхода облака зараженного воздуха к различным населенным пунктам, находящимся в зоне заражения и к городу Оренбург (t), ч. Для этого по топографической карте линейкой измеряется расстояние до данных населенных пунктов, а средняя скорость переноса облака зараженного воздуха, v_{CP} , м/с определяется по таблице 2.3.

3.10 Определяются границы возможных очагов химического заражения. Для этого перечисляются все объекты, населенные пункты и реки, расположенные в зоне заражения на топографической карте.

3.11 Для определения возможных потерь в зоне химического заражения рассчитывается процент от численности людей, живущих в населенных пунктах, попавших в зону заражения на топографической карте. Население находится в простейших укрытиях или зданиях и не обеспечено средствами защиты. Справочные данные по численности населения Оренбурга и сел пригорода представлены в приложении В.

3.12 Предлагаются мероприятия, осуществляемые при подобной аварии по защите людей и окружающей среды от вредного действия АХОВ.

4 Вопросы для самоконтроля

- 4.1 Какова история возникновения термина аварийно химически опасные вещества?
- 4.2 Дать определение ОХВ, АХОВ, АХОВИД.
- 4.3 В чем заключается токсичность АХОВ?

- 4.4 Дать определение концентрации, пороговой концентрации.
- 4.5 Дать определение ПДК, токсической дозе.
- 4.6 Как классифицируют АХОВ?
- 4.7 Что такое химическая авария?
- 4.8 Что является основными источниками опасности в случае химических аварий?
- 4.9 От каких факторов зависит величина зоны химического заражения?
- 4.10 Дать определение первичного и вторичного облака АХОВ.
- 4.11 При каких условиях в атмосфере образуются инверсия, изотермия и конвекция?
- 4.12 Из-за чего возникают аварии на промышленных и магистральных трубопроводах?
- 4.13 Каковы методы предотвращения аварий на промышленных и магистральных трубопроводах?
- 4.14 Как влияет газовый состав, выброшенный при аварии, на здоровье человека?
- 4.15 Каковы мероприятия по ликвидации последствий аварии на газоконденсатопроводе с выбросом АХОВ?
- 4.16 Как проводится оценка аварии с выбросом АХОВ методом прогнозирования?

5 Задание

Провести оценку аварии на промышленном трубопроводе согласно своему варианту (таблица А.1 приложения А) методом прогнозирования. Предложить мероприятия, осуществляемые при подобной аварии по защите людей и окружающей среды от вредного действия АХОВ.

Исходные данные по аварии: трубопровод диаметром 700 мм, рабочее давление газов 6,4 МПа, расстояние между задвижками – 141,3 км. Вид загрязнения – конденсат (углеводороды). Причина загрязнения – повреждение конденсатопровода в результате коррозии металла.

Метеоусловия и скорость ветра при аварии выбираются из своего варианта (таблица А.1, приложение А). Облако зараженного воздуха распространяется в сторону города Оренбург.

Список использованных источников

- 1 **Каммерер, Ю.Ю.** Аварийные работы в очагах поражения: учебное пособие / Ю.Ю. Каммерер, А.Е. Харкевич. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Энергоатомиздат, 1990. – 288 с.
- 2 **ГОСТ Р 22.0.05-94.** Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Техногенные чрезвычайные ситуации. Термины и определения. – Введ. 1994-26-12. – М.: Изд-во стандартов, 1994. – 16 с.
- 3 **ГОСТ Р 22.9.05-95.** Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Комплексы средств индивидуальной защиты спасателей. Общие технические требования. – Введ. 1995-20-06. – М.: Изд-во стандартов, 1995. – 6 с.
- 4 **Алтунин, А.Т.** Формирование гражданской обороны в борьбе со стихийными бедствиями / А.Т. Алтунин. – изд. перераб. и доп. – М.: Стройиздат, 1978.- 245 с.: с ил.
- 5 Методика оценки радиационной и химической обстановки по данным разведки гражданской обороны / В.И. Королев. - М: Воениздат, 1980. – 96 с.
- 6 Справочник мастера строительного-монтажных работ / под ред. В.А. Иванова. – М.: «Инфра-Инженерия», 2007. – 832 с.
- 7 **Иванов, С.И.** Разработка Оренбургского нефтегазоконденсатного месторождения (ОНГКМ) / С.И. Иванов // Защита окружающей среды в нефтегазовом комплексе, 2006 – № 7 – С.3 -31.
- 8 **Гиматудинов, Ш.К.** Физика нефтяного и газового пласта: учебник для вузов/ Ш.К. Гиматудинов, А.И. Ширковский. – 4-е изд. стереотип. – М.: ООО ТИД «Альянс», 2005. – 311 с.
- 9 Российская газовая энциклопедия / Р.И. Вяхирев [и др]. – М.: Научное изд-во «Большая Российская энциклопедия», 2004. – 832 с.
- 10 Охрана окружающей среды при обслуживании технических насосов и насосных станций: учеб. пособие для машинистов технических насосов, персонала и насосных станций / О.П. Лыков, И.А. Голубева, С.В. Мещеряков. – М.: Издательский дом «Ноосфера», 2000. – 72 с.
- 11 **Мокшаев, А.Н.** Комплексное обеспечение промышленной и экологической безопасности объектов трубопроводного транспорта / А.Н. Мокшаев, Г.Л. Гендель // Защита окружающей среды в нефтегазовом комплексе, 2007– № 6 – С.15 -19.

Приложение А (обязательное)

Таблица А.1 – Варианты к расчету

№ варианта	Время суток	Состояние погоды	Скорость ветра	Место аварии
1	ночь	ясно	2 м/с	квадрат [07;15-в]
2	ночь	полуясно	3 м/с	квадрат [07;15-б]
3	день	пасмурно	4 м/с	квадрат [07;15-в]
4	ночь	ясно	2 м/с	квадрат [07;15-г]
5	день	полуясно	3 м/с	квадрат [07;14-б]
6	ночь	пасмурно	5 м/с	квадрат [07;14-в]
7	ночь	ясно	3 м/с	квадрат [07;14-г]
8	ночь	полуясно	2 м/с	квадрат [07;16-в]
9	день	пасмурно	6 м/с	квадрат [07;16-г]
10	ночь	ясно	2 м/с	квадрат [07;15-а]
11	день	полуясно	3 м/с	квадрат [07;15-б]
12	ночь	пасмурно	3 м/с	квадрат [07;15-а]
13	день	ясно	2 м/с	квадрат [07;16-в]
14	ночь	полуясно	2 м/с	квадрат [07;16-в]
15	день	пасмурно	4 м/с	квадрат [07;16-в]
16	ночь	ясно	2 м/с	квадрат [07;14-б]
17	день	полуясно	3 м/с	квадрат [07;15-г]
18	ночь	пасмурно	5 м/с	квадрат [07;15-г]
19	день	ясно	2 м/с	квадрат [07;14-в]
20	ночь	полуясно	3 м/с	квадрат [07;16-г]
21	день	пасмурно	6 м/с	квадрат [07;15-г]
22	ночь	ясно	3 м/с	квадрат [07;15-г]
23	день	полуясно	2 м/с	квадрат [07;14-г]
24	ночь	пасмурно	5 м/с	квадрат [07;15-а]
25	день	ясно	3 м/с	квадрат [07;15-г]
26	ночь	полуясно	2 м/с	квадрат [07;16-г]
27	день	пасмурно	3 м/с	квадрат [07;14-в]
28	ночь	ясно	2 м/с	квадрат [07;16-в]
29	день	полуясно	4 м/с	квадрат [07;15-г]
30	ночь	пасмурно	2 м/с	квадрат [07;15-г]

Приложение Б (справочное)

**График для определения степени вертикальной устойчивости
воздуха по данным прогноза погоды**

скорость ветра, м/с	НОЧЬ			ДЕНЬ		
	Ясно	полуясно	пасмурно	Ясно	полуясно	пасмурно
0,5	ИНВЕРСИЯ			КОНВЕКЦИЯ		
0,6-2,0						
2,1-4,0	ИЗОТЕРМИЯ			ИЗОТЕРМИЯ		
>4,0						

Рисунок Б.1 - График для определения степени вертикальной устойчивости воздуха по данным прогноза погоды

Приложение В (справочное)

Таблица В.1 – Численность населения Оренбурга и сел пригорода

Населенный пункт	Численность населения, тыс. жителей
Оренбург	538,600
Кушкуль	0,862
Колхоз им. Ленина	1,666
Покровка	3,110
Девятого января	3,800
Соловьевка	0,750
Зауральный	1,300
Красная Поляна	0,060
Горный	2,552
Каргала	1,200

Приложение Г
(справочное)

Топографическая карта местности вокруг Оренбурга

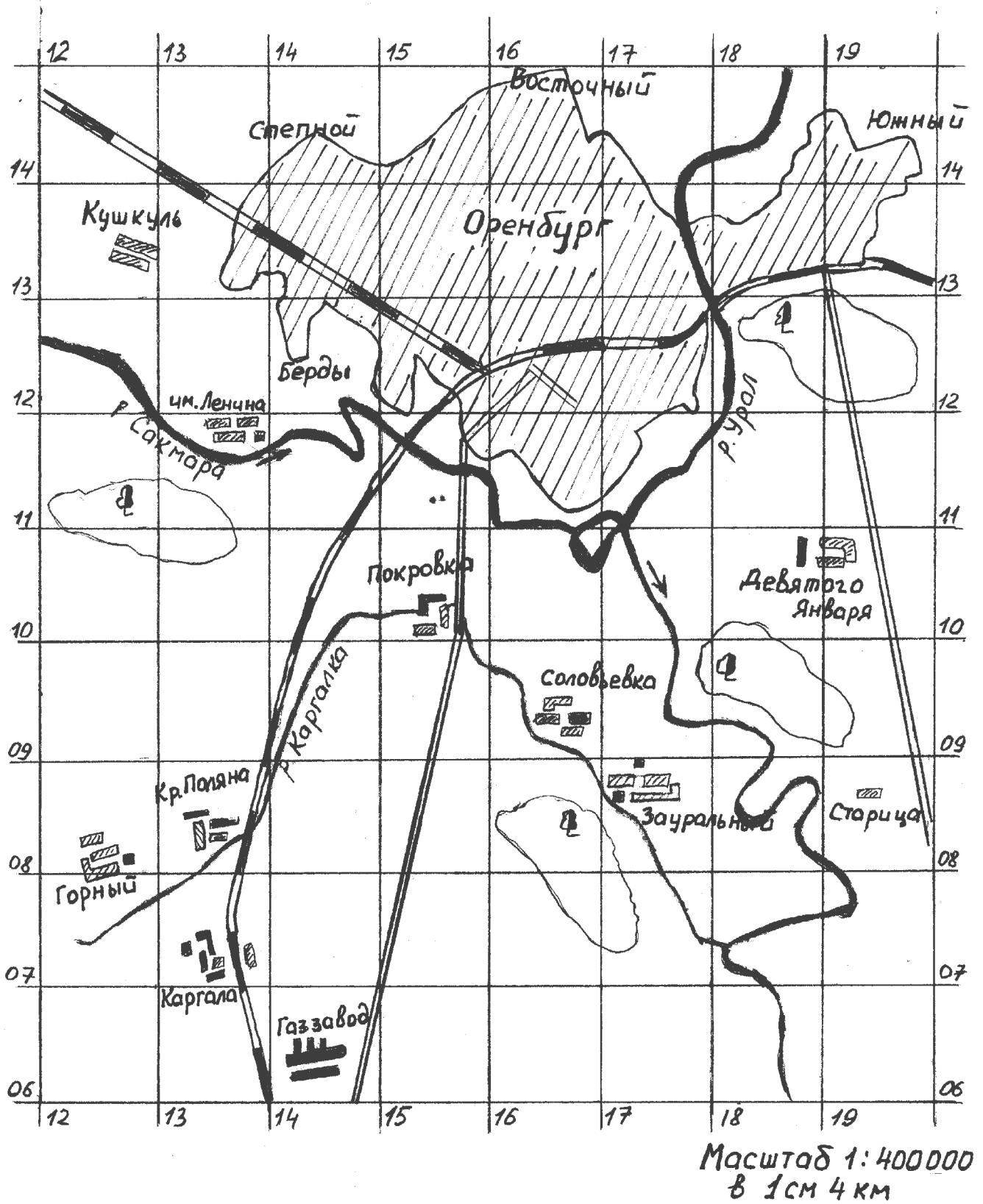


Рисунок Г.1 - Топографическая карта местности вокруг Оренбурга