

Государственное бюджетное образовательное учреждение высшего
образования Московской области
«Университет «Дубна»
(Филиал «Угреша»)
Кафедра экологии и природопользования

Б.М. Балоян, Ю.П. Чернов

«Оценка риска
для здоровья населения, обусловленного
воздействием химических факторов
окружающей среды»

Учебное пособие

Рекомендовано методическим советом университета «Дубна» в
качестве учебного пособия для студентов, обучающихся по
направлению «Экология и природопользование» 050306

Дзержинский, 2017 г.

Аннотация

Учебное пособие предназначено для студентов бакалавриата, обучающихся по направлению подготовки «Экология и природопользование», и изучающих дисциплину «Техногенные системы и экологический риск», в рабочей программе которой раздел «Оценка риска для здоровья населения, обусловленного воздействием химических факторов окружающей среды» занимает важное место.

В учебном пособии изложены методологические вопросы оценки риска для здоровья населения при ингаляционном и пероральном поступлении загрязняющих веществ, а также при внешнем облучении. В издании представлены примеры типовых практических задач по количественным оценкам риска угрозы здоровью, которые снабжены решением и необходимыми комментариями.

Оглавление

Введение	5
1. Термины и определения	7
2. Значение методологии оценки риска для здоровья населения	12
3. Методология оценки рисков и современное экологическое нормирование	15
3.1. Нормирование выбросов загрязняющих веществ в окружающую среду	15
3.2. Перечень необходимых исходных данных для выполнения расчетов по оценке риска для здоровья населения	17
4. Основные этапы выполнения работ по оценке риска для здоровья населения, обусловленного воздействием выбросов в атмосферный воздух	19
4.1. Идентификация опасности для здоровья компонентов выбросов предприятий	19
4.2. Оценка воздействия (экспозиции) химических веществ на человека	21
4.3. Количественная оценка риска	24
4.4. Оценка риска при многосредовых и комбинированных воздействиях	27
4.5. Классификация уровней риска	28
5. Оценка радиационного риска, связанного с внешним облучением	30
7. Типовые задачи по расчету риска для здоровья населения при воздействии выбросов загрязняющих веществ	36
Литература	48
Приложение	48

Введение

В Российской системе образования в течение последних лет произошёл переход к новым федеральным стандартам третьего поколения. И этот процесс продолжается и сейчас. Приказом Министерства образования и науки РФ от 11 августа 2016 г. № 998 на смену ФГОС ВО по направлению 022000 «Экология и природопользование» (уровень бакалавриата) принята новая его версия - 05.03.06 [1]. Большое значение в ней, в рамках программы прикладного бакалавриата, уделено таким видам профессиональной деятельности, как производственно-технологическая и проектная. Особую роль при подготовке бакалавров для этих видов деятельности играет преподавание дисциплины «Техногенные системы и экологический риск», которая является дисциплиной базовой части ОПОП ВО по направлению «Экология и природопользование».

В соответствии с современными требованиями к составу таких видов экологической проектной документации, как «Проект обоснования санитарно-защитной зоны» и «Оценка воздействия на окружающую среду» оценка риска для здоровья населения занимает очень важное место. В связи с этим в структуре дисциплины «Техногенные системы и экологический риск» раздел «Оценка риска для здоровья населения, обусловленного воздействием химических факторов окружающей среды» играет центральную роль.

Данное учебное пособие позволяет студентам ознакомиться с методологией оценки риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду. Кроме того в него включены типовые практические задачи, для которых представлено их решение с комментариями. В зависимости от механизма воздействия загрязняющих веществ на население даны задачи следующих видов:

- Определение индивидуального и популяционного канцерогенного риска;
- Расчет риска развития не канцерогенных эффектов при ингаляционном поступлении веществ в результате хронических воздействий;

- Оценка радиационного риска, связанного с внешним облучением

В тоже время учебное пособие не охватывает всё многообразие теоретического материала, необходимого для полного освоения методологии оценки риска для здоровья населения. Информацию по недостающим темам в процессе изучения дисциплины следует восполнять на аудиторных занятиях, а также из рекомендуемых литературных источников и интернет-ресурсов.

1. Термины и определения

Анализ риска - процесс получения информации, необходимой для оценки и предупреждения негативных последствий для здоровья населения, состоящий из трех компонентов: оценка риска, управление риском, информирование (распространение информации) о риске.

Вредное воздействие на человека - воздействие факторов среды обитания, создающее угрозу жизни или здоровью человека, либо угрозу для жизни и здоровья будущих поколений (статья 1 Федерального закона “О санитарно - эпидемиологическом благополучии населения” от 30 марта 1999 г. № 52-ФЗ).

Вредный эффект для здоровья - изменения в морфологии, физиологии, росте, развитии или продолжительности жизни организма, популяции или потомства, проявляющиеся в ухудшении функциональной способности или способности компенсировать дополнительный стресс, или в повышении чувствительности к воздействиям других факторов среды обитания.

Зависимость “экспозиция-ответ” - связь между воздействующей дозой (концентрацией), режимом, продолжительностью воздействия и степенью выраженности, распространенности изучаемого вредного эффекта в экспонируемой популяции.

Индекс опасности – сумма коэффициентов опасности для веществ с однородным (однонаправленным) механизмом действия (воздействующих на одни и те же системы/органы при отсутствии данных об иных типах взаимодействия) или сумма коэффициентов опасности для разных путей поступления химического вещества.

Индивидуальный риск - оценка вероятности развития неблагоприятного эффекта у экспонируемого индивидуума, например, риск развития рака у одного индивидуума из 1000 лиц, подвергавшихся канцерогенному воздействию (риск 1 на 1000 или 1×10^{-3}). При оценке риска, как правило, оценивается число дополнительных по отношению к фону случаев нарушений состояния здоровья, т.к. большинство заболеваний, связанных с воздействием среды обитания, встречаются в популяции и при отсутствии анализируемого воздействия (например, рак).

Канцерогенный потенциал (фактор наклона или фактор канцерогенного потенциала) - мера дополнительного индивидуального канцерогенного риска или степень увеличения вероятности развития рака при воздействии канцерогена. Определяется как верхняя 95% доверительная граница наклона зависимости “доза-ответ” в нижней, линейной части кривой. Единица измерения: 1/(мг/кг-день) или (мг/кг-день)⁻¹.

Канцерогенный риск – вероятность развития новообразований на протяжении всей жизни человека, обусловленная воздействием потенциального канцерогена. Канцерогенный риск представляет собой верхнюю доверительную границу дополнительного пожизненного риска.

Коэффициент опасности – отношение воздействующей дозы (или концентрации) химического вещества к его безопасному (референтному) уровню воздействия.

Кумулятивный риск - вероятность развития вредного эффекта в результате одновременного поступления в организм всеми возможными путями химических веществ, обладающих сходным механизмом действия.

Мониторинг экспозиций и рисков - один из компонентов управления риском - процесс, заключающийся в принятии решений и действиях по динамическому или периодическому контролю уровней экспозиций и рисков.

Опасность - совокупность свойств фактора среды обитания человека (или конкретной ситуации), определяющих их способность вызывать неблагоприятные для здоровья эффекты при определенных условиях воздействия.

Оценка риска для здоровья - процесс установления вероятности развития и степени выраженности неблагоприятных последствий для здоровья человека, обусловленных воздействием факторов среды обитания. Оценка риска состоит из следующих этапов: идентификация опасности, оценка зависимости “экспозиция-ответ”, оценка экспозиции, характеристика риска.

Оценка сравнительной значимости рисков - этап характеристики риска, предусматривающий определение сравнительной значимости выявленных опасностей и рассчитанных рисков для здоровья экспонируемой популяции. Включает также ранжирование опасных факторов, воздействующих сред, путей

поступления химических веществ в организм, а также поражаемых органов/систем.

Популяционный риск - агрегированная мера ожидаемой частоты вредных эффектов среди всех подвергшихся воздействию людей (например, 4 случая заболевания раком в год в экспонируемой популяции).

Приемлемый риск - уровень риска развития неблагоприятного эффекта, который не требует принятия дополнительных мер по его снижению, и оцениваемый как независимый и незначительный по отношению к рискам, существующим в повседневной деятельности и жизни населения. Верхний уровень приемлемого риска характеризует предельно допустимый риск.

Распространение информации о риске (информирование о риске) - элемент анализа риска, предусматривающий взаимообмен информацией о рисках между специалистами по оценке риска, лицами, принимающими управленческие решения, средствами массовой информации, заинтересованными группами населения и широкой общественностью.

Референтная доза/концентрация – суточное воздействие химического вещества в течение всей жизни, которое устанавливается с учетом всех имеющихся современных научных данных и, вероятно, не приводит к возникновению неприемлемого риска для здоровья чувствительных групп населения. Синонимы: допустимое суточное поступление, переносимое суточное поступление, руководящий уровень, рекомендуемые показатели допустимого воздействия на здоровье, прогнозируемый неэффективный уровень для человека, уровень минимального риска, рекомендуемый уровень воздействия.

Риск для здоровья человека - вероятность развития угрозы жизни или здоровью человека, либо угрозы жизни или здоровью будущих поколений, обусловленная воздействием факторов среды обитания.

Риск нарушения санитарно-эпидемиологического благополучия населения - вероятность негативных изменений состояния здоровья населения или состояния здоровья будущих поколений, а также нарушений благоприятных условий жизнедеятельности человека (включая ухудшение условий и качества жизни, возникновение дискомфортных состояний и др.), обусловленная воздействием факторов среды обитания. Данное

понятие имеет комплексный характер и включает в себя не только собственно риск здоровью, но и другие виды рисков (например, риск снижения качества жизни, риск развития дискомфортных состояний, непосредственно не связанных с изменениями состояния здоровья человека и т.д.).

Сравнительная оценка рисков - процесс сравнительной характеристики выраженности и значимости различных по своей природе и происхождению неблагоприятных эффектов (влияние на здоровье, условия и качество жизни, качество окружающей среды, сельскохозяйственное производство и т.д.), осуществляемый с целью установления приоритетов среди широкого круга проблем, связанных с состоянием окружающей среды. Обычно проводится на основе экспертных заключений и (или) сравнительного экономического анализа ущербов.

Управление риском (менеджмент риска) - процесс принятия решений, включающий рассмотрение совокупности политических, социальных, экономических, медико-социальных и технических факторов совместно с соответствующей информацией по оценке риска, с целью разработки оптимальных решений по устранению или снижению уровней риска, а также способам последующего контроля (мониторинга) экспозиций и рисков.

Ущерб (вред) здоровью человека - наблюдаемое или ожидаемое нарушение состояния здоровья человека или состояния здоровья будущих поколений, обусловленное воздействием факторов среды обитания. Ущерб характеризуется медико-социальной значимостью наблюдаемых или ожидаемых негативных последствий для жизни или здоровья человека и (или) будущих поколений, а также частотой случаев негативных последствий и их стоимостными оценками.

Характеристика риска - завершающий этап оценки риска, на котором синтезируются данные, полученные на предшествующих этапах исследований, проводится расчет и ранжирование рисков, источников их образования, воздействующих сред и путей поступления химических веществ в организм, а также анализ всех неопределенностей для обоснования выводов и рекомендаций, необходимых для управления риском.

Экологический риск - вероятность наступления события, имеющего неблагоприятные последствия для природной среды и вызванного негативным воздействием хозяйственной или иной

деятельности, чрезвычайными ситуациями природного и техногенного характера (статья 1 Федерального закона “Об охране окружающей среды” от 10 января 2002 г., № 7-ФЗ). Совместная характеристика риска для здоровья и экологического риска представляет собой оценку риска для окружающей среды.

Экспозиция (уровень воздействия) - мера выраженности воздействия, количество вещества на внешних оболочках тела (легкие, желудочно-кишечный тракт, кожные покровы) в течение заданного периода времени. Уровень воздействия характеризуется экспозиционными дозами или концентрациями химических веществ при данном периоде и режиме экспозиции.

Эффективность проведения мероприятий, направленных на устранение или снижение риска здоровью - медико-социальная и экономическая оценка последствий, связанных со снижением величины наблюдаемого или ожидаемого ущерба (вреда), обусловленного негативным воздействием факторов среды обитания.

2.Значение методологии оценки риска для здоровья населения

В Письме Президента Российской Федерации от 01.10.2013 г. «Основы государственной политики в области обеспечения химической и биологической безопасности Российской Федерации на период до 2025 года и дальнейшую перспективу» [2] уделяется большое внимание научному, информационно-аналитическому и методическому обеспечению оценки рисков для населения и окружающей среды, связанных с негативным воздействием химических и биологических факторов.

Нормативной базой для проведения работ по оценке риска для здоровья населения являются:

1. Федеральный Закон «О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения» № 52-ФЗ от 30 марта 1999 г.;
2. Федеральный Закон «О техническом регулировании» № 184-ФЗ от 27 декабря 2002 г.

Анализ современной литературы демонстрирует большую роль оценки экологического риска при экологическом проектировании [3-6]. Загрязнение окружающей среды в результате функционирования промышленных предприятий и автотранспорта прежде всего обусловлено воздействием выбросов на атмосферный воздух. Поэтому проблема загрязнения атмосферного воздуха является наиважнейшей гигиенической проблемой, связанной с риском для здоровья населения.

Основным нормативным документом, законодательно закрепившим внедрение методологии оценки риска, стало постановление Главного государственного санитарного врача Российской Федерации от 10.11.97 № 25 и Главного государственного санитарного инспектора Российской Федерации по охране природы от 10.11.97 № 03&19/24&3483 «Об использовании методологии оценки риска для управления качеством окружающей среды и здоровья населения в Российской Федерации» В последующем разработано «Руководство по оценке риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду» Р. 2.1.10.1920—04 (утверждено Главным государственным санитарным врачом Российской

Федерации 05.03.04) [7], в котором определены область практического применения методологии и требования к проведению работ по оценке риска с учетом международного опыта.

Несмотря на всю важность процедуры оценки риска для здоровья населения при использовании ее в качестве критерия снижения вредного воздействия на человека факторов среды обитания, до настоящего времени законодательно не утверждена обязательность её проведения при разработке проектной документации на строительство или реконструкцию промышленных предприятий, а также иных объектов, являющихся источником неблагоприятного воздействия на человека. То есть в рамках процедуры оценки воздействия на окружающую среду (ОВОС) оценку рисков можно не проводить.

Важнейшим инструментом регулирования качества окружающей среды является разработка и установление нормативов предельно допустимых выбросов (ПДВ) загрязняющих веществ в атмосферу. Нормирование основано на достижении гигиенических критериев качества атмосферного воздуха населенных мест, при этом сложившаяся практика ориентирует предприятия на установление нормативов выбросов по критериям ПДКм.р. [8]. Таким образом, разработка проекта нормативов ПДВ является видом природоохранной деятельности, на которое также не распространяется требование о необходимости выполнения оценки риска.

В то же время при разработке проекта обоснования санитарно-защитной зоны (СЗЗ) в соответствии с требованием СанПиН 2.2.1/2.1.1.1200-03 [9] размер СЗЗ для предприятий должен обеспечивать уменьшение воздействия загрязнения на атмосферный воздух (химического, биологического, физического) до значений, установленных гигиеническими нормативами, а для предприятий I и II класса опасности - как до значений, установленных гигиеническими нормативами, так и до величин приемлемого риска для здоровья населения.

В связи с этим разработчикам проектной документации необходимо владеть методикой оценки риска для плодотворного взаимодействия с учреждениями, имеющими соответствующую аккредитацию в данной области. Правом на выполнение работ по оценке рисков для здоровья населения обладают организации, имеющие сертификат соответствия, выданный Федеральной

службой по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, и зарегистрированные в Реестре Системы аккредитации органов по оценке риска Российской Федерации. В своем большинстве это различные учреждения здравоохранения, т.е. прерогатива в этой области принадлежит санитарным врачам. Не смотря на это обстоятельство, при разработке проектных материалов ОВОС и обоснования санитарно-защитных зон (СЗЗ) специалистам-экологам, работающим в области экологического проектирования, необходимо очень хорошо ориентироваться во всех вопросах, связанных с оценкой рисков и владеть соответствующей методикой как для плодотворного взаимодействия с учреждениями, имеющими аккредитацию в данной области, так и для проведения подобных работ самостоятельно. Последнее чрезвычайно важно при проектировании, так как оценка риска в полном объеме, как правило, производится на заключительном этапе работ, когда уже все проектные решения имеют оформившийся вид. Проведение же предварительной оценки риска здоровью населения на более ранних стадиях проектирования позволяет избежать ситуации, когда при допустимости воздействия на окружающую среду по всем факторам, риск здоровью населения оказывается высоким, что вынуждает к принятию дополнительных природоохранных мероприятий, а порой и к принципиально новым проектным решениям.

3.Методология оценки рисков и современное экологическое нормирование

3.1. Нормирование выбросов загрязняющих веществ в окружающую среду

Методология оценки риска для здоровья населения при воздействии выбросов загрязняющих веществ тесно связана с методиками нормирования выбросов загрязняющих веществ в окружающую среду. Поэтому перед тем, как приступить к изучению основных этапов выполнения работ по оценке риска здоровья населения, обусловленного воздействием выбросов в атмосферный воздух, необходимо овладеть теоретическими и практическими основами санитарно-гигиенического нормирования.

При нормировании выбросов загрязняющих веществ в окружающую среду в основе всех расчетов лежит санитарно-гигиенический норматив - Предельно допустимая концентрация загрязняющего вещества в атмосферном воздухе населенных мест (ПДК). ПДК загрязняющего вещества в атмосферном воздухе – это концентрация, не оказывающая в течение всей жизни прямого или косвенного неблагоприятного воздействия на настоящее или будущие поколения, не снижающая работоспособности человека, не ухудшающая его самочувствия и санитарно-бытовых условий жизни.

Лимитирующий (определяющий) показатель вредности (ЛПВ) характеризует направленность биологического действия вещества: рефлекторное и резорбтивное. Под рефлекторным действием понимается реакция со стороны рецепторов верхних дыхательных путей – ощущение запаха, раздражение слизистых оболочек, задержка дыхания и т.д. Указанные эффекты возникают при кратковременном воздействии вредных веществ, поэтому рефлекторное действие лежит в основе установления максимальной разовой (20-30–минутная) ПДК (ПДКм.р.). Под резорбтивным действием понимают возможность развития общетоксических, эмбриотоксических, мутагенных, канцерогенных и других эффектов, возникновение которых зависит не только от концентрации вещества в воздухе, но и длительности его вдыхания.

Помимо максимальной разовой предельно допустимой концентрации, временной интервал воздействия которой строго ограничен, разработаны так же среднесуточная предельно допустимая концентрация (ПДКс.с.) и рабочей зоны (ПДКр.з.). Предельно допустимая концентрация среднесуточная соответствует такой величине содержания загрязняющего вещества в воздухе населенных мест, при которой не оказывается негативного влияния на здоровье населения, на все его группы (половые, возрастные, здоровья) при неограниченной длительности вдыхания воздуха, содержащего указанные вещества. В рабочей же зоне находятся люди работоспособного возраста, прошедшие медицинское обследование, что позволяет им без вреда для собственного здоровья переносить более высокие концентрации загрязняющих веществ.

Основным средством для соблюдения предельно допустимых концентраций вредных веществ в приземном слое атмосферы является установление нормативов предельно допустимых выбросов (ПДВ) в атмосферу. ПДВ устанавливаются таким образом, чтобы выбросы вредных веществ от данного источника в данном районе с учетом перспективы его развития и рассеивания вредных веществ в атмосфере удовлетворяли условию:

$$C_{max} \leq \text{ПДК}_{\text{мр}}, \quad (3.1)$$

где C_{max} - максимальная приземная концентрация.

В случаях, если в выбросах предприятия содержатся несколько загрязняющих веществ, обладающих эффектом суммации вредного воздействия, то качество воздуха будет отвечать установленным нормативам при соблюдении условия:

$$C_1/\text{ПДК}_1 + C_2/\text{ПДК}_2 + \dots + C_n/\text{ПДК}_n \leq 1, \quad (3.2)$$

где C_1, C_2, C_n - концентрации вредных веществ, обладающих эффектом суммации; $\text{ПДК}_1, \text{ПДК}_2, \dots, \text{ПДК}_n$ - соответствующие им предельно допустимые концентрации.

Установление нормативов ПДВ состоит из следующих основных этапов:

- разработка инвентаризации источников выбросов загрязняющих веществ;
- определение источников выбросов и перечня загрязняющих веществ, подлежащих нормированию;
- проведение расчетов рассеивания загрязняющих веществ - оценка уровня загрязнения атмосферного воздуха на жилой

застройке и на границе санитарно-защитной зоны с учетом фоновго загрязнения;

- анализ соответствия уровня выявленного воздействия санитарно-гигиеническим нормативам;
- установление нормативов допустимых выбросов;
- обоснование вариантов эффективных мероприятий по снижению выбросов (если требуется) (совершенствование технологических процессов; оснащение источников загрязнения газоочистными установками; модернизация и ремонт действующих ГОУ; применение менее токсичных материалов и/или сырья и др.).

Для проведения расчетов рассеивания загрязняющих веществ используется программный комплекс УПРЗА серии «Эколог», который позволяет рассчитать приземные концентрации загрязняющих веществ в атмосфере в соответствии с «Методикой расчета концентраций в атмосферном воздухе вредных веществ, содержащихся в выбросах промышленных предприятий (ОНД-86)». Л., Гидрометеиздат, 1987 [10].

3.2. Перечень необходимых исходных данных для выполнения расчетов по оценке риска для здоровья населения

Для выполнения работ по оценке риска для здоровья населения в составе проекта обоснования санитарно-защитной зоны для предприятия требуется следующий перечень исходных данных:

1. Ситуационный план с нанесением границ участка предприятия, экспликацией окружающих объектов, в том числе жилой застройки, учреждений медицинского и образовательного профиля, промышленных предприятий с указанием профиля деятельности, зон рекреации;
2. Генеральный план площадки с привязкой к условно принятой «городской» системе координат и экспликацией объектов;
3. Карта-схема промплощадки предприятия с нанесением источников выбросов загрязняющих веществ в атмосферу;
4. Инвентаризация источников выбросов;
5. Показатели работы газоочистных и пылегазоулавливающих установок;
6. Параметры источников выбросов загрязняющих веществ;

7. Характеристика выбрасываемых загрязняющих веществ с указанием мощности выброса и значений валового выброса для каждого вещества;

8. Перечень мероприятий по снижению уровня загрязнения атмосферы выбросами предприятия (если таковой разрабатывался) и информация о выполнении;

9. Данные о залповых выбросах предприятия и (если имеются) при производстве взрывных работ;

10. Численность исследуемой популяции в зоне влияния выбросов предприятия;

11. Результаты мониторинга концентраций загрязняющих веществ на жилой застройке за период не менее 3-5 лет. Для оценки хронических экспозиций недопустимо применение результатов только подфакельных наблюдений;

12. Результаты мониторинга могут заменить данные, полученные на основе моделирования рассеивания загрязнителей с учетом инвентаризации выбросов в соответствии с ОНД-86. Расчет следует проводить с учетом фонового загрязнения атмосферного воздуха в районе расположения предприятия;

13. Расчет рассеивания осредненных за год концентраций загрязняющих веществ, проведенный по программному комплексу «Эколог» с расчетным блоком «Средние».

14. Для расчетов средних значений среднегодовых концентраций необходимо заказывать в ГУ «ГГО им. А.И. Воейкова» файл с осредненными за 5 лет метеорологическими и климатическими данными рассматриваемого региона.

4. Основные этапы выполнения работ по оценке риска для здоровья населения, обусловленного воздействием выбросов в атмосферный воздух

Риск для здоровья человека - вероятность развития угрозы жизни или здоровью человека, либо угрозы жизни или здоровью будущих поколений, обусловленная воздействием факторов среды обитания.

Оценка риска предусматривает проведение следующих взаимосвязанных этапов:

1. Идентификация опасности для здоровья компонентов выбросов предприятий и составление перечня приоритетных химических веществ, подлежащих последующей характеристике риска;

2. Оценка воздействия (экспозиции) химических веществ на человека: характеристика источников загрязнения, определение доз и концентраций.

3. Характеристика риска представляет собой завершающую часть оценки риска. На этом этапе описываются риски, а также характеризуется вероятность и тяжесть возможных неблагоприятных эффектов на здоровье человека.

Расчет рисков включает в себя:

- Определение индивидуального канцерогенного риска;
- Определение популяционного канцерогенного риска;
- Расчет риска развития не канцерогенных эффектов при ингаляционном поступлении веществ в результате острых воздействий;
- Расчет риска развития не канцерогенных эффектов при ингаляционном поступлении веществ в результате хронических воздействий.

4.1. Идентификация опасности для здоровья компонентов выбросов предприятий

На первом этапе производится идентификация опасности для здоровья компонентов выбросов предприятий и составляется перечень приоритетных загрязняющих веществ, подлежащих последующей характеристике риска.

В соответствии с «Руководством по оценке риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду» (Р 2.1.10.1920-04) [7] для ранжирования по степени опасности компонентов выбросов исследуемого объекта предусмотрено определение индекса сравнительной канцерогенной опасности и индекса не канцерогенной опасности веществ с использованием весовых коэффициентов, зависящих от фактора канцерогенного потенциала (SF) для первых и уровня референтных концентраций (RfC) для вторых. Последние являются международно-признанными уровнями оценки максимально действующих концентраций.

В случае, если для тех или иных веществ отсутствуют значения референтных концентраций (RfC) в качестве допущения используются значения ПДКсс. Однако при их использовании для расчетов идентификацию опасности принято считать ориентировочной.

Ранговый коэффициент ($HRIc$) сравнительной канцерогенной опасности можно определить по следующей формуле:

$$HRIc = E \cdot Wc \cdot P / 1000, \quad (4.1)$$

где: E – величина условной экспозиции, выражаемая в объемах годового выброса т/год;

Wc – весовой коэффициент канцерогенного эффекта, определяемый по таблице 4.1;

P – численность популяции под воздействием.

Таблица 4.1.

Весовые коэффициенты для оценки канцерогенных эффектов

Диапазон изменений величин фактора канцерогенного потенциала SFi	Весовой коэффициент (Wc) в зависимости от величины фактора канцерогенного потенциала SFi
< 0.005	10
0.005 – < 0.05	100
0.05 - < 0.5	1000

0.5 - <5.0	10 000
5.0 - 50.0	100 000
> 50.0	1 000 000

Ранговый коэффициент не канцерогенной опасности выброса (HRI) вычисляется по формуле:

$$HRI = E \cdot W \cdot P / 10000, \quad (4.2)$$

где W – в данном случае весовой коэффициент не канцерогенной опасности, приведенный в таблице 4.2;

E и P – указаны в формуле определения $HRIc$.

Таблица 4.2.

Весовые коэффициенты для оценки не канцерогенных эффектов

Диапазон изменений величин референтной концентрации (RfC)	Весовой коэффициент (W) в зависимости от величины референтной концентрации
< 0.000175	100 000
0.000175 – < 0.00175	10 000
0.00175- <0.0175	1000
0.0175- <0.175	100
0.175- 1.75	10
> 1.75	1

Таким образом, рассчитываются индексы канцерогенной опасности ($HRIc$) и индексы сравнительной опасности не канцерогенного действия (HRI), что позволяет провести ранжирование веществ по степени их опасности для здоровья и выбрать приоритетные вещества. Однако, какое количество веществ выбирается из общего списка в специальной литературе не оговаривается. Специалисты обычно выбирают 20 – 30 % из общего списка.

4.2. Оценка воздействия (экспозиции) химических веществ на человека.

Концентрация в точке воздействия (месте пребывания человека) может представлять собой среднюю арифметическую величину концентрации, воздействующей в течение периода экспозиции, или максимальную концентрацию в ограниченный период времени.

Для оценки риска, обусловленного хроническими воздействиями химических веществ, применяются среднегодовые концентрации и их верхние 95%-ные доверительные границы, установленные по среднесуточным концентрациям. Для расчета вышеуказанных величин, как правило, используются данные 3-летних наблюдений, но не менее чем за 1 год.

Для оценки острых воздействий, включая аварийные воздействия (продолжительность экспозиции не более 24 ч), используются максимальные концентрации и 95-й перцентиль.

Оптимально с методической точки зрения проводить оценку воздействия (экспозиции) выбрасываемых химических веществ на человека с привлечением программного продукта фирмы «Интеграл» – расчетного блока «Средние». Расчетный блок предназначен для использования совместно с Унифицированной программой расчета загрязнения атмосферы (УПРЗА) «Эколог» для определения осредненных за длительный период концентраций загрязняющих веществ в атмосферном воздухе. В программе реализованы «Методические указания по расчету осредненных за длительный период концентраций выбрасываемых в атмосферу вредных веществ» (Санкт-Петербург, ГГО им А.И. Воейкова, 2005) [11]. Программа позволяет производить оценку неблагоприятного влияния загрязнения атмосферного воздуха на среду обитания и здоровье человека, для решения различного рода задач, возникающих в практике воздухоохранной деятельности – в частности, при определении размеров санитарно-защитной зоны предприятия. Важной областью использования расчетного блока «Средние» является оценка риска для здоровья у населения в результате реального или потенциального загрязнения окружающей среды.

В связи с тем, что далеко не для всех выбрасываемых в атмосферу веществ имеются справочные значения референтных концентраций, в существующей практике специалисты, производящие оценку рисков, предпочитают получать исходные данные (результаты оценки экспозиции) не в виде коэффициентов

опасности, а в абсолютных значениях концентраций загрязняющих веществ. Исходя из уровней воздействия коэффициенты опасности рассчитываются по формулам 3.8 и 4.9, где в качестве референтных концентраций в случае, если они не представлены в официальном справочнике [7], используются значения для веществ – химических аналогов, либо эти значения берутся из специальной научной литературы.

Таким образом, данная программа, безусловно, имеет позитивное прикладное значение.

Для оценки острых эффектов при ингаляционном воздействии вредных веществ используется модель их рассеивания в соответствии с ОНД-86. В качестве критерия используются безопасные уровни воздействия (референтные концентрации при острых ингаляционных воздействиях $ARfC$), представленные в табл. 2.1 Приложения 2 Руководства Р 2.1.10.1920-04 [7].

Для оценки хронических эффектов при ингаляционном воздействии вредных веществ производится расчет рассеивания загрязняющих веществ с определением осредненных за год концентраций загрязняющих веществ по программе «Эколог-Средние». В качестве критерия используются безопасные уровни воздействия (референтные концентрации при хронических ингаляционных воздействиях RfC), представленные в табл. 2.2 Приложения 2 Руководства Р 2.1.10.1920-04 [7].

Вместе с программой поставляется специальный файл с метеорологическими и климатическими характеристиками той местности, для которой планируется проводить расчеты. Эти параметры рассчитываются ГГО им. А.И. Воейкова индивидуально для каждого заказчика.

При отсутствии расчетного блока «Средние» оценку рисков можно проводить с привлечением только программного комплекса УПРЗА) «Эколог». В качестве основных исходных данных для проведения расчетов используются данные инвентаризации источников выбросов из проекта нормативов ПДВ. Однако использовать следует не значения мощности выбросов G [г/сек], а значения валового выброса в M [т/год], которые «вручную» пересчитываются в осредненные значения мощности выброса, т.е. т/год делят на весь годовой ресурс времени в секундах:

$$G_{оср} = M * 10^6 / (365 * 24 * 60 * 60), \text{ г/сек.} \quad (4.3)$$

Кроме того в справочник веществ, находящийся внутри программного комплекса вместо ПДК необходимо внести референтные концентрации при хронических (*RfC*) и острых (*ARfC*) ингаляционных воздействиях, а для веществ с однонаправленным токсическим действия, влияющими на одни и те же органы или системы требуется создать группы суммации.

Полученную оценку экспозиции в результате следует считать ориентировочной, т.к. в данном случае приходится использовать краткую климатическую характеристику района расположения предприятия, а не осредненные метеорологические и климатические характеристики, содержащиеся в специальном метеофайле.

4.3. Количественная оценка риска

Величина индивидуального канцерогенного риска *ICR* рассчитывается по следующей формуле:

$$ICR = LADD \cdot SF \quad (4.4)$$

где *LADD* - среднесуточная доза (или среднесуточное поступление) за весь период жизни, мг/(кг · день);

SF - фактор канцерогенного потенциала, (мг/(кг · сут.))⁻¹.

$$LADD = C \cdot CR \cdot ED \cdot EF / (BW \cdot AT \cdot 365), \quad (4.5)$$

где *C* – концентрация вещества, мг/м³;

CR – скорость поступления воздействующей среды, м³/день;

$CR = Tout \cdot Vout + Ti \cdot Vin = 21,3$ м³/сут,

где *Tout* - время, проводимое вне помещений, 8 час/день;

Vout - скорость дыхания вне помещений, 1,4 м³ /час;

Tin - время, проводимое внутри помещений, 16 час/день;

Vin - скорость дыхания внутри помещений, 0,63 м³ /час;

ED – продолжительность воздействия, стандартное значение 30 лет;

EF – частота воздействия, (стандартное значение 350 дней/год);

BW – масса тела взрослого человека, 70 кг, ребёнка – 15 кг;

AT – период усреднения экспозиции (для канцерогенов *AT* = 70, для не канцерогенов -30 лет);

EF – 350 дней/год.

Полученное значение *ICR* характеризует верхнюю границу канцерогенного риска за среднюю продолжительность жизни (70

лет). Например, $ICR = 10^{-4}$ означает, что в когорте населения численностью 10000 человек возникнет один дополнительный случай злокачественного новообразования. Таким образом, величина ICR является агрегированной оценкой индивидуального риска развития рака за среднюю продолжительность жизни.

Популяционный канцерогенный риск характеризует дополнительное (к фоновому уровню заболеваемости) число случаев злокачественных новообразований в исследуемой популяции и чаще всего выражается за год:

$$PCR = LADD \cdot SF \cdot POP / 70, \quad (4.6)$$

где POP – численность исследуемой популяции;

70 – средняя продолжительность жизни человека, принятая при оценке канцерогенного риска.

В методологии оценки риска комбинированное действие канцерогенных факторов принято рассматривать как аддитивное:

$$ICR_{\text{сум}} = ICR_1 + ICR_2 + \dots + ICR_n, \quad (4.7)$$

где $ICR_{\text{сум}}$ - суммарный канцерогенный риск; ICR_1, ICR_2, ICR_n - канцерогенные риски, обусловленные компонентами смеси химических веществ, мг/(кг x день).

Характеристика риска развития не канцерогенных эффектов осуществляется путем сравнения фактических уровней экспозиции с безопасными уровнями воздействия.

Характеристика риска развития не канцерогенных эффектов для отдельных веществ проводилась на основе расчета коэффициента опасности по формуле:

$$HQ = C / ARfC \quad (4.8)$$

$$HQ = C / RfC \quad (4.9)$$

где HQ - коэффициент опасности;

C – среднегодовая или максимальная почасовая концентрация, мг/м³;

$RfC, ARfC$ - референтная (безопасная) концентрация, мг/м³ для хронических и кратковременных острых воздействий, соответственно.

Референтная концентрация представляет собой нормативную величину непрерывного ингаляционного воздействия на человеческую популяцию (включая чувствительные подгруппы), при которой не наблюдается заметный риск вредных не канцерогенных эффектов на протяжении всей жизни. Эта концентрация устанавливается в методологии оценки риска в

качестве допустимого предела ингаляционного воздействия на человека потенциально опасных уровней химических веществ в воздухе.

При величине коэффициента опасности (HQ), равной или меньшей 1,0, риск вредных эффектов рассматривается как пренебрежимо малый. Если коэффициент опасности превышает единицу, то вероятность возникновения вредных эффектов у человека возрастает пропорционально увеличению.

Коэффициент опасности рассчитывается отдельно для условий кратковременных (острых) и длительных воздействий химических веществ. При этом период усреднения экспозиций и соответствующих безопасных уровней воздействия должен быть аналогичным. То есть для оценки острых воздействий пиковых уровней используются референтные концентрации кратковременного действия. Соответственно среднегодовые концентрации, используемые при оценке риска для характеристики хронических эффектов, сопоставляются с референтными концентрациями для хронических ингаляционных воздействий. Значения референтных концентраций для острых ингаляционных воздействий $ARfC$ представлены в Приложении 2, табл. 2.1, для хронических воздействий – в Приложении 2, табл. 2.2 Руководства [7].

Характеристика риска развития не канцерогенных эффектов при комбинированном воздействии химических соединений проводится на основе расчета индекса опасности (HI).

$$HI = \sum HQ_i \quad (4.10)$$

где HQ_i - коэффициенты опасности для отдельных компонентов смеси воздействующих веществ.

Для не канцерогенных химических веществ аддитивность признается в случае их однонаправленного (однородного) токсического действия. В соответствии с международными рекомендациями, под "однонаправленным" действием условно понимается влияние веществ на одни и те же органы или системы (например, легкие, печень, центральную нервную систему, процессы развития организма и др.).

Большинство разработанных к настоящему времени эпидемиологических критериев оценки риска отражают ожидаемый прирост частоты нарушений состояния здоровья на единицу воздействующей концентрации. Как и все другие оценки риска, они

являются относительными величинами, характеризующими сравнительную приоритетность тех или иных загрязняющих веществ, источников их поступления в окружающую среду.

4.4. Оценка риска при многосредовых и комбинированных воздействиях

Кроме ингаляционного пути поступления вредных веществ, оказывающих отрицательное воздействие на здоровье населения, существует пероральный и накожный путь. Объектами окружающей среды, через которые может осуществляться воздействие, являются воздух почва, питьевая вода, открытый водоём и продукты питания.

В данном учебном пособии рассматривается совместное воздействие канцерогенных веществ, содержащихся в атмосферном воздухе и в питьевой воде. При комбинированном и многосредовом поступлении канцерогенных вещества значения индивидуального канцерогенного риска для ингаляционного (i) и перорального (w) пути воздействия суммируются и рассчитывается суммарный канцерогенный риск.

$$TICR_{\text{сум}} = ICR_{\text{сум}(i)} + ICR_{\text{сум}(w)} \quad (4.11)$$

Величина индивидуального канцерогенного риска при потреблении питьевой воды рассчитывается по формуле (4.4). Расчет средней суточной дозы при пероральном потреблении питьевой воды $LADD_w$ осуществляется по следующей формуле:

$$LADD_w = C_w \cdot V \cdot CR \cdot ED \cdot EF / (BW \cdot AT \cdot 365) \quad (4.12),$$

где C_w – концентрация вещества в питьевой воде, мг/л;

V – величина водопотребления для взрослого населения – 2 л/сут.

Развитие не канцерогенных эффектов при комбинированном воздействии химических соединений проводится на основе расчета индекса опасности HI .

При комбинированном поступлении вредных веществ, не обладающих канцерогенным эффектом через атмосферный воздух и питьевую воду, коэффициенты опасности для каждого пути $ICR_{\text{сум}(i)}$ и $ICR_{\text{сум}(w)}$ суммируются и рассчитывается суммарный индекс опасности $HI_{\text{сум}(i+w)}$.

$$HI_{\text{сум}(i+w)} = ICR_{\text{сум}(i)} + ICR_{\text{сум}(w)} \quad (4.13).$$

Коэффициент опасности $ICR_{(w)}$ определяют путем сопоставления величин средней концентрации загрязняющих

веществ поступающего через питьевую воду C_w [мг/кг] к референтной концентрации RfD , [мг/кг] (Приложение 2, табл. 2.3 Руководства [7]):

$$ICR_{(w)} = C_w / RfD \quad (4.14)$$

4.5. Классификация уровней риска

Для классификации уровней риска установлены количественные критерии, представленные в табл. 4.3.

Таблица 4.3

Классификация уровней риска

Уровень риска	Индивидуальный пожизненный канцерогенный риск $ICR_{сум}$	Коэффициент опасности развития не канцерогенных эффектов (HQ) для отдельных веществ	Индекс опасности развития не канцерогенных эффектов (HI) для группы веществ с однородным действием
Чрезвычайно высокий	10^{-1} и более	>10	>10
Высокий	$<10^{-1} - 10^{-3}$	$>5-10$	$>7 - 10$
Средний	$<10^{-3} - 10^{-4}$	$>1-5$	$>3 - 7$
Низкий	$<10^{-4} - 10^{-6}$	$0,1-1,0$	$1,0 - 3,0$
Минимальный	менее 10^{-6}	менее $0,1$	менее $1,0$

При оценке уровней риска необходимо руководствоваться следующими критериями:

Первый диапазон (индивидуальный риск в течение всей жизни равный или меньший $1 \cdot 10^{-6}$, что соответствует 1 дополнительному случаю серьезного заболевания или смерти на 1 млн. экспонированных лиц) характеризует такие уровни риска, которые воспринимаются всеми людьми как пренебрежимо малые, не отличающиеся от обычных, повседневных. Подобные риски не требуют дополнительных мероприятий по их снижению и их

уровни подлежат только периодическому контролю с целью поддержания степени загрязнения воздуха на таком низком уровне.

Второй диапазон (индивидуальный риск в течение всей жизни более $1 \cdot 10^{-6}$, но менее $1 \cdot 10^{-4}$) соответствует зоне условно приемлемого (допустимого) риска. Именно на этом уровне установлено большинство зарубежных и рекомендуемых международными организациями гигиенических нормативов для населения в целом. Уровни допустимого риска подлежат постоянному контролю. В некоторых случаях при таких уровнях риска могут проводиться дополнительные мероприятия по их снижению.

Третий диапазон (индивидуальный риск в течение всей жизни $1 \cdot 10^{-4}$ – $1 \cdot 10^{-3}$) приемлем для профессиональных групп и неприемлем для населения в целом. Появление такого риска требует разработки и проведения плановых оздоровительных мероприятий в условиях населенных мест.

Четвертый диапазон (индивидуальный риск в течение всей жизни равный или больший $1 \cdot 10^{-3}$) неприемлем ни для населения, ни для профессиональных групп. При его выявлении необходимо проведение экстренных оздоровительных и других мероприятий по снижению риска.

5. Оценка радиационного риска, связанного с внешним облучением

Для обеспечения радиационной безопасности при нормальной эксплуатации источников излучения необходимо руководствоваться следующими основными принципами:

- не превышение допустимых пределов индивидуальных доз облучения граждан от всех источников излучения (принцип нормирования);

- запрещение всех видов деятельности по использованию источников излучения, при которых полученная для человека и общества польза не превышает риск возможного вреда, причиненного дополнительным облучением (принцип обоснования);

- поддержание на возможно низком и достижимом уровне с учетом экономических и социальных факторов индивидуальных доз облучения и числа облучаемых лиц при использовании любого источника излучения (принцип оптимизации).

Радиационное воздействие - это действие корпускулярно-волнового излучения радиоактивных атомов или действие рентгеновских лучей. Для описания воздействия радиации на человека и живую природу введено понятие дозы.

Экспозиционная доза - это доза гамма-квантов или квантов рентгеновского излучения, при прохождении которых через воздух в нем образуется определенное число ионов. Единица измерения экспозиционной дозы в системе СИ - 1 кулон электрического заряда обоих знаков, образующегося под действием излучения в 1 килограмме воздуха. Старая единица экспозиционной дозы - рентген (Р) - количество рентгеновского или гамма-излучения, при котором ассоциированные вторичные электроны образуют ионы, несущие заряд любого знака, равный $2,58 \cdot 10^{-4}$ Кл/кг воздуха. Мощность экспозиционной дозы на практике выражают в мкР/ч.

При оценке радиационного риска, связанного с внешним облучением используются уровни и величины, представленные в СанПиН 2.6.1.2523-09 [12].

Располагая установленным значением дозы внешнего облучения H , можно рассчитать значение индивидуального радиационного риска r по следующей формуле:

$$r = H \cdot r_E \quad (5.1),$$

где r_E - коэффициент индивидуального радиационного риска сокращения длительности периода полноценной жизни в среднем на 15 лет на один стохастический эффект (от смертельного рака, серьезных наследственных эффектов и не смертельного рака, приведенного по вреду к последствиям от смертельного рака), равный для производственного облучения:

$$r_E = 5,6 \cdot 10^{-2} \text{ чел}^{-1} \text{Зв}^{-1};$$

для облучения населения:

$$r_E = 7,3 \cdot 10^{-2} \text{ чел}^{-1} \text{Зв}^{-1};$$

Индивидуальный радиационный риск считается пренебрежимым, если r не превышает $1,0 \cdot 10^{-6}; \text{чел}^{-1} \text{год}^{-1}$.

Верхняя граница допустимого индивидуального радиационного риска $5,0 \cdot 10^{-5} \text{ чел}^{-1} \text{год}^{-1}$.

Чтобы рассчитать индивидуальную годовую дозу h [Зв/год] необходимо мощность дозы D [Зв/час] умножить на годовое количество часов (24·365):

$$h = D \cdot 24 \cdot 365 \quad (5.2)$$

Индивидуальная доза внешнего облучения H [Зв] за T (количество лет воздействия источника излучения) :

$$H = h \cdot T \quad (5.3)$$

Расчет индивидуального радиационного риска r по формуле (5.1) позволяет судить о допустимости риска:

Величина коллективной дозы K [чел·Зв] облучения для N (количества экспонируемых лиц) рассчитывается по формуле:

$$K = H \cdot N \quad (5.4)$$

Коллективный радиационный риск равен произведению величины коллективной дозы K на коэффициент индивидуального радиационного риска r_E :

$$R = K \cdot r_E \quad (5.5)$$

Полученный результат характеризует количество случаев заболевания, каждый из которых приводит к потере 15 лет жизни, т.е. произведение R на $\beta=15$ позволяет определить коллективную потерю продолжительности жизни Δ :

$$\Delta = \beta \cdot R \quad (5.6)$$

Общая коллективная продолжительность жизни T_k составляет :

$$T_k = N \cdot 70 \quad (5.7),$$

Где 70 – средняя продолжительность жизни.

Относительная потеря длительности жизни рассматриваемого населения δ рассчитывается по следующей формуле:

$$\delta = \Delta / T_k \quad (5.8)$$

Индивидуальный радиационный риск выражается средним сокращением продолжительности жизни одного человека:

$$\Delta T = 70 \cdot \delta \quad (5.9)$$

6. Управление риском

Управление риском является логическим продолжением оценки риска и направлено на обоснование наилучших в данной ситуации решений по его устранению или минимизации, а также динамическому контролю (мониторингу) экспозиций и рисков, оценке эффективности и корректировке оздоровительных мероприятий.

Управление риском базируется на совокупности сравнительной характеристике возможных ущербов для здоровья людей и общества в целом, возможных затрат на реализацию различных вариантов управленческих решений по снижению риска и тех выгод, которые будут получены в результате реализации мероприятий (например, сохраненные человеческие жизни, предотвращенные случаи заболеваний и др.).

Управление риском состоит из четырех элементов:

1. Сравнительная оценка и ранжирование рисков;
2. Определение уровней приемлемости риска;
3. Выбор стратегии снижения и контроля риска (контроль поступления химических веществ в окружающую среду из источников загрязнения, мониторинг экспозиций и рисков, регламентирование уровней допустимого воздействия);
4. принятие управленческих (регулирующих) решений.

На начальном этапе управления риском (сравнительная оценка и ранжирование рисков) проводится сравнительная характеристика рисков с целью установления приоритетов, т. е. выделения круга вопросов, требующих первоочередного внимания, определение вероятности и установление последствий. Этот этап управления риском включает в себя определение уровней вероятности развития нарушений состояния здоровья и анализ их причинной обусловленности, а также углубленную характеристику неблагоприятных последствий и ущербов состоянию здоровья населения.

Сравнительная характеристика рисков не позволяет решить вопрос об их значимости и приемлемости. При анализе приемлемости риска учитываются выгоды от использования конкретного вещества; расходы, связанные с регулированием этого вещества (полным или частичным запретом, заменой его другим и

т. п.); возможность осуществления контролируемых (регулируемых) мер с целью уменьшения потенциального негативного воздействия вещества на окружающую среду и здоровье человека. Для установления приемлемости риска широко используется метод экономического анализа "затраты-выгода". Однако понятие приемлемости определяется не только результатами экономического анализа, но и большим числом других факторов, включая социальные и фактор восприятия риска различными группами населения.

Стратегия контроля уровней риска предусматривает мероприятия, в наибольшей степени способствующие минимизации или устранению риска. Такие типовые меры могут включать:

- ограничение числа экспонируемых лиц;
- ограничение сферы использования источника риска или территорий с такими источниками (например, запрет использования загрязненных участков территории для рекреационных целей);
- ограничение или полный запрет прямого контакта человека с опасным химическим соединением;
- полный запрет производства, применения и ввоза определенного химического вещества или использования данного технологического процесса или оборудования.

С целью снижения уровней риска могут использоваться также следующие подходы: снижение числа и мощности источников опасности; снижение вероятности развития или проявления вредных эффектов; уменьшение числа экспонируемых лиц; снижение вероятности воздействий (например, вероятности развития аварийных ситуаций); снижение выраженности вредных эффектов.

В задачи управления риском входит также выбор стратегии динамического (периодического или постоянного) мониторинга экспозиций и рисков. Данные виды мониторинга выполняют следующие функции: контрольную (сравнение с предельно допустимыми или приемлемыми уровнями), сигнальную (быстрое реагирование на возникновение опасной ситуации), прогностическую (возможность предсказания уровней экспозиций и рисков на основе анализа временных тенденций), инструментальную (как средство для распознавания и классификации наблюдаемых явлений).

Мониторинг экспозиций и рисков, основанный на результатах оценки риска для здоровья, является эффективным способом проведения социально-гигиенического мониторинга (выбор точек контроля, контролируемых химических веществ, установления достаточной периодичности отбора проб и др.). С этой целью могут использоваться не только измерения концентраций многочисленных химических веществ, определяющих риски для здоровья населения на данной территории, но и прямые (непосредственно связанные с оцениваемыми рисками для здоровья) или косвенные (очень хорошо коррелирующие с прямыми) индикаторы качества среды обитания человека, достаточно хорошо отражающие совокупную химическую нагрузку на экспонируемое население. Применение индикаторов допустимо в случае предварительной углубленной оценки рисков на данной территории либо при наличии очень большого сходства в источниках загрязнения окружающей среды на этой территории и в ранее подробно исследованном районе.

Оценка риска для здоровья, выполняемая в рамках системы санитарно-гигиенических мероприятий, позволяет:

- оценить стоимость затрат на здравоохранение, связанных с ущербом от воздействия конкретного вредного фактора;

- выполнить прогноз государственных затрат на здравоохранение, связанных с воздействием одного или нескольких вредных факторов;

- обосновать иск граждан на материальную компенсацию ущерба для здоровья, связанного с воздействием факторов среды обитания;

- не изменяя существующее правовое поле, создать системы экономической защиты граждан и государства от изменяющейся среды.

7. Типовые задачи по расчету риска для здоровья населения при воздействии выбросов загрязняющих веществ

Одна из осваиваемых компетенций в процессе изучения дисциплины «Техногенные системы и экологический риск»: «Владение знаниями о теоретических основах экологического мониторинга, нормирования и снижения загрязнения окружающей среды, техногенных систем и экологического риска, способностью к использованию теоретических знаний в практической деятельности», что предполагает такой результат обучения, как «уметь проводить расчет риска для здоровья населения при воздействии выбросов загрязняющих веществ». В качестве оценочного средства для промежуточной аттестации по дисциплине используются практические задачи. Ниже приводятся типовая практическая работа по теме «Оценка риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду», используемая при проведении коллоквиума и интерактивного практического занятия, на котором реализуется метод проектов. Также приведены небольшие задачи, решаемые в рамках контрольной работы и сдачи зачета.

Задание 1. Практическая работа «Обоснование санитарно-защитной зоны для ТЭЦ-9 по фактору воздействия выбросов загрязняющих веществ на здоровье населения».

Цель задания: Оценить риск для здоровья населения при воздействии выбросов ТЭЦ.

Для выполнения практического задания необходимо предварительно освоить работу с программой расчета загрязнения атмосферы (УПРЗА) «Эколог».

Исходные данные:

Характеристики предприятия: электрическая мощность 210 мВт; тепловая мощность 560 Гкал/час; основное используемое топливо – природный газ; резервное топливо – мазут;

Ситуационный план района расположения предприятия (Рис. 1);

Характеристика источников выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух для ТЭЦ (см. Приложение);

Климатические характеристики района расположения ТЭЦ:

- средняя температура наиболее жаркого месяца + 25,8⁰С;
- средняя температура наиболее холодного месяца - 9,5⁰С;
- скорость ветра 5% обеспеченности – 3 м/с;
- поправка на рельеф местности – 1.0;
- коэффициент стратификации – 140;
- фоновая концентрация диоксида азота -0,215 мг/м³;
- фоновая концентрация оксида азота -0,116 мг/м³;
- фоновая концентрация диоксида серы -0,001 мг/м³;
- фоновая концентрация оксида углерода -4 мг/м³;

климатическая справка и справка о фоновых концентрациях для района расположения ТЭЦ.

Технические и программные средства: Ноутбук или ПК;

унифицированная программа расчета загрязнения атмосферы (УПРЗА) «Эколог» (версия 3.0) (фирма «Интеграл»).

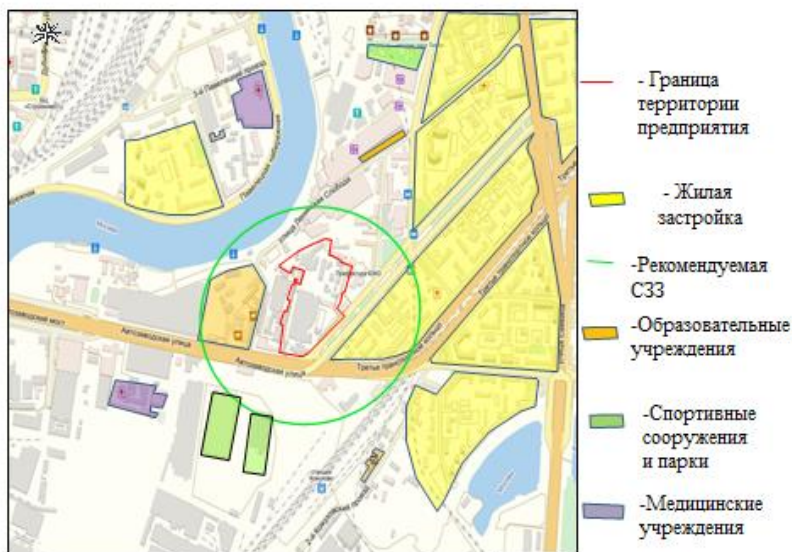


Рис. 1. Ситуационный план размещения ТЭЦ

Последовательность выполнения работы:

1. *Анализ использования территорий в районе расположения предприятия.*

1.1. Проанализировать ситуационный план и обозначить на нём планировочные ограничения: жилую застройку, образовательные, спортивные и медицинские учреждения.

1.1. Установить рекомендуемый (ориентировочный) размер санитарно-защитной зоны. В соответствии с санитарной классификацией промышленных объектов и производств тепловых электрических станций [9], и принимая во внимание характеристики мощности предприятия размер ориентировочной санитарно-защитной зоны для него составляет 300 м, а само предприятие относится к 3 классу опасности.

2. *Расчет неканцерогенного риска для здоровья населения при ингаляционном поступлении загрязняющих веществ.*

2.1. В справочник веществ, находящийся внутри программного комплекса вместо ПДК внести референтные концентрации при хронических (RfC) и острых ($ARfC$) ингаляционных воздействиях. Для веществ с однонаправленным токсическим действия, влияющими на одни и те же органы или системы создать группы суммации.

2.2. Выполнить пересчет значений валового выброса M [т/год] в «осредненные» значения мощности выброса $G_{оср.}$ [г/сек] по формуле (4.3) для всех источников и выбрасываемых из них веществ, представленных в инвентаризации.

2.3. Полученные значения $G_{ср}$ и другие параметры источников выбросов, а также метеорологические характеристики и коэффициенты, определяющие условия рассеивания веществ в атмосфере города и значения фонового загрязнения следует занести в унифицированную программу расчёта загрязнения атмосферы УПРЗА «Эколог».

2.4. Выполнить расчет рассеивания для индивидуальных веществ групп суммации оказывающих влияние на кровь, центральную нервную систему и печень.

Результаты расчета рассеивания загрязняющих веществ в виде максимальных значений индексов опасности для индивидуальных веществ и групп суммаций представлены в таблице 7.1.

Таблица 7.1

**Результаты расчета рассеивания загрязняющих веществ в
виде максимальных значений индексов опасности для
индивидуальных веществ и групп суммаций**

Вещество		Значение критерия, мг/м ³ <i>RfC</i>	Максимальный коэффициент опасности (<i>HQ</i>) и индекс опасности(<i>HI</i>)
код	наименование		
1	2	4	7
0123	Железа оксид	0,04000	0,04
0143	Марганец и его соединения	0,01000	0,05
0150	Натрий гидроксид	0,01000	0,04
0301	Азота диоксид	0,20000	0,81
0304	Азот (II) оксид (Азота оксид)	0,40000	0,09
0316	Соляная кислота	0,20000	0,07
0322	Серная кислота (по молекуле H ₂ SO ₄)	0,30000	<0,01
0328	Углерод (Сажа)	0,15000	<0,01
0330	Сера диоксид (Ангидрид сернистый)	0,50000	0,07
0337	Углерод оксид	5,00000	<0,01
0342	Фториды газообразные	0,02000	0,01
0703	Бенз/а/пирен (3,4- Бензпирен)	1,00E-06	0,02
2704	Бензин (нефтяной, малосернистый) (в пересчете на углерод)	5,00000	0,02
2732	Керосин	1,20000	0,00
2735	Масло минеральное нефтяное	0,05000	0,003

6401	Органы дыхания(Азота диоксид+ Азота оксид+ Серная кислота+ Сера диоксид+Сажа+бензин+ Масло минеральное нефтяное)		0,98
6402	ЦНС (Марганец и его соединения+ Углерод оксид)		<0,01
6404	Кровь (Азота диоксид + Азота оксид+ Углерод оксид)		0,04
6405	печень (Бензин+ Керосин+ Масло минеральное нефтяное)		0,64

2.5. По результатам расчетов рассеивания для вредных веществ и групп суммации построить карты распределения индекса опасности HQ в районе расположения предприятия. Типичная карта представлена на Рис. 2.

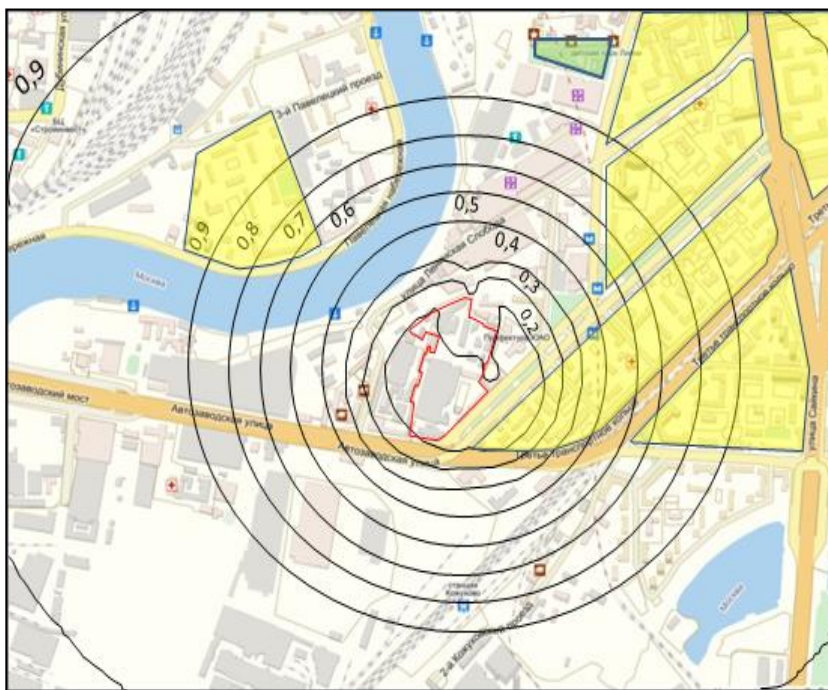


Рис. 2. Карта распределения индекса опасности HQ при хроническом воздействии на органы дыхания.

3. *Расчет канцерогенного риска для здоровья населения при ингаляционном поступлении загрязняющих веществ.*
 - 3.1. Рассчитать значение максимальных концентраций для загрязняющих веществ, имеющих канцерогенный потенциал на жилой застройке по формуле:

$$C_{max} = HQ_{max} * RfC.$$
 - 3.2. Рассчитать величину индивидуального канцерогенного риска ICR по формулам (4.4) и (4.5) и его суммарное значение $ICR_{сум}$ по формуле (4.7) для веществ, обладающих канцерогенным потенциалом.
4. *Оценка уровня риска для здоровья населения в соответствии с его классификацией по табл.4.3.*
 - 4.1. Оценить уровень не канцерогенного риска в соответствии с критериями табл. 4.3 и результатами расчета коэффициентов

опасности HQ и индексов опасности HI , представленных в табл. 7.1. Как видно из рис. 2, индекс опасности HI в зоне влияния предприятия не превышает 1.0, т.е. уровень воздействия на органы дыхания является низким.

- 4.2. Оценить уровень индивидуального пожизненного канцерогенного риска $ICR_{сум}$ в соответствии с результатами расчета и критериями, представленными в табл. 4.3.

Задача №1

В воздухе вблизи ТЭС присутствуют следующие вещества: азота диоксид, азота оксид, углерода оксид, серы диоксид и бенз(а)пирен. Их средняя концентрация по результатам многолетних наблюдений составляет:

$$C_{NO_2} = 0,02 \text{ мг/м}^3;$$

$$C_{NO} = 0,03 \text{ мг/м}^3;$$

$$C_{SO_2} = 0,04 \text{ мг/м}^3;$$

$$C_{CO} = 2,0 \text{ мг/м}^3;$$

$$C_C = 0,04 \text{ мг/м}^3;$$

$$C_{БП} = 0,000003 \text{ мг/м}^3;$$

Оценить риск не канцерогенных эффектов для здоровья населения при хроническом ингаляционном воздействии выбросов предприятия.

Решение

Характеристика риска развития не канцерогенных эффектов рассчитывается по формуле (4.9). Референтные концентрации при хронических ингаляционных воздействиях RfC , представлены в табл. 2.2 Приложения 2 Руководства Р 2.1.10.1920-04.[7].

Вещество	C , мг/м ³	RfC , мг/м ³	HQ
SO ₂	0,04	0,05	0,8
NO ₂	0,02	0,04	0,5
NO	0,03	0,06	0,5
CO	2,0	3,0	0,67

С	0,04	0,05	0,08
Бенз(а)пирен	0,000003	0,000001	3,0

Вещество	Критические органы/системы
SO ₂	Органы дыхания, смертность
NO ₂	Органы дыхания, кровь (образование MetHb)
NO	Органы дыхания, кровь (образование MetHb)
CO	Кровь, серд.-сосуд. сист., ЦНС, развитие
С	Органы дыхания, системн., зубы
Бенз(а)пирен	Рак, иммунитет, развитие

Индекс опасности развития неканцерогенных эффектов (*HI*) для группы веществ с однородным действием:

- $HI(\text{органы дыхания}) = 0,5 + 0,5 + 0,8 + 0,8 = 2,6$ (низкий риск);
- $HI(\text{кровь}) = 0,65 + 0,5 + 0,5 = 1,65$ (низкий риск);
- $HI(\text{развитие}) = 0,67 + 3,0 = 3,67$ (средний риск).

Уровень риска в соответствии с табл.3.3.:

- Низкий риск соответствует зоне условно приемлемого (допустимого) риска. Именно на этом уровне установлено большинство зарубежных и рекомендуемых международными организациями гигиенических нормативов для населения в целом. Уровни допустимого риска подлежат постоянному контролю. В некоторых случаях при таких уровнях риска могут проводиться дополнительные мероприятия по их снижению;

- Средний риск приемлем для профессиональных групп и неприемлем для населения в целом. Появление

такого риска требует разработки и проведения плановых оздоровительных мероприятий в условиях населенных мест.

Задача №2

В воздухе вблизи химического завода находится хлороформ, средняя концентрация которого по результатам многолетних наблюдений составляет 0,04 мг/м³ и этилбензол с концентрацией 0,09 мг/м³. На протяжении 20 лет таким воздухом дышит население, численность которого составляет 8000 человек. Количество дней в году, в течение которых люди подвергаются канцерогенному риску равно в среднем 350. Рассчитать значения индивидуального и коллективного канцерогенных рисков, обусловленных комбинированным действием двух токсикантов-канцерогенов.

Решение:

Среднесуточная доза (или среднесуточное поступление) поступления хлороформа с воздухом за 20 лет жизни, мг/(кг·день):

$$LADD_x = C \cdot CR \cdot ED \cdot EF / (BW \cdot AT \cdot 365) = 0,04 \cdot 21,3 \cdot 20 \cdot 350 / (70 \cdot 70 \cdot 365) = 0,0034 \text{ мг/(кг} \cdot \text{день)}$$

где C – концентрация вещества, мг/м³;

CR – скорость поступления воздействующей среды, м³/день;

ED – продолжительность воздействия, лет;

EF – частота воздействия, дней/год;

BW – масса тела человека, кг;

AT – период усреднения экспозиции (для канцерогенов $AT = 70$ лет).

Среднесуточная доза (или среднесуточное поступление) поступления этилбензола с воздухом за 20 лет жизни, мг/(кг х день):

$$LADD_{\text{э}} = C_{\text{э}} \cdot CR \cdot ED \cdot EF / (BW \cdot AT \cdot 365) = 0,09 \cdot 21,3 \cdot 20 \cdot 350 / (70 \cdot 70 \cdot 365) = 0,0076 \text{ мг/(кг} \cdot \text{день)}$$

Величина индивидуального канцерогенного риска, обусловленного хлороформом рассчитывается по формуле:

$$ICR_x = LADD_x \cdot SF_x = 0,0034 \cdot 0,008 = 0,000027$$

Величина индивидуального канцерогенного риска, обусловленного этилбензолом рассчитывается по формуле:

$$ICR_{\text{э}} = LADD_{\text{э}} \cdot SF_{\text{э}} = 0,0076 \cdot 0,00385 = 0,000029$$

Суммарный индивидуальный риск за 20 лет:

$$ICR = ICR_6 + ICR_x = 0,000027 + 0,000029 = 0,000056$$

Эта величина ниже допустимого риска, который считается равным $1 \cdot 10^{-4}$.

Диапазон индивидуального риска более $1 \cdot 10^{-6}$, но менее $1 \cdot 10^{-4}$ соответствует предельно допустимому риску, т.е. верхней границе приемлемого риска. Именно на этом уровне установлено большинство зарубежных и рекомендуемых международными организациями гигиенических нормативов для населения в целом (для атмосферного воздуха – $1 \cdot 10^{-4}$). Данные уровни подлежат постоянному контролю. В некоторых случаях при таких уровнях риска могут проводиться дополнительные мероприятия по их снижению.

Коллективный риск:

$$PCR = (LADD_x \cdot SF_x + LADD_{\text{э}} \cdot SF_{\text{э}}) \cdot POP = (0,0034 \cdot 0,008 + 0,0076 \cdot 0,00385) \cdot 8000 = 0,45 < 1.$$

Следовательно, в течение 20 лет не будет наблюдаться ни одного дополнительного случая онкологического заболевания.

Задача №3

Среднее содержание бенз(а)пирена в воздухе населенного пункта соответствует величине ПДК_{с.с.} Количество дней в году, в течение которых люди подвергаются канцерогенному риску равно в среднем 350. Каков пожизненный индивидуальный и коллективный канцерогенный риск для здоровья населения, численностью 200000?

Решение:

Среднесуточная доза (или среднесуточное поступление) в течение всей жизни, мг/(кг х день):

$$LADD = C \cdot CR \cdot ED \cdot EF / (BW \cdot AT \cdot 365) = 0,000001 \cdot 21,3 \cdot 70 \cdot 350 / (70 \cdot 70 \cdot 365) = 0,000000098 \text{ мг/(кг} \cdot \text{день)}$$

где:

C – концентрация бенз(а)пирена, мг/м³;

CR – скорость поступления воздействующей среды, м³/день;

ED – продолжительность воздействия, лет;

EF – частота воздействия, дней/год;

BW – масса тела человека, кг;

AT – период усреднения экспозиции (для канцерогенов $AT = 70$ лет).

Величина индивидуального канцерогенного риска рассчитывается по формуле:

$$ICR = LADD \cdot SF = 0,000000098 \cdot 3,9 = 0,00000038$$

Эта величина ниже «минимального» риска, который считается равным $1 \cdot 10^{-6}$.

Подобный индивидуальный риск не требует дополнительных мероприятий по его снижению и его уровень подлежит только периодическому контролю с целью поддержания степени загрязнения воздуха на таком низком уровне.

Коллективный риск:

$$PCR = LADD \cdot SF \cdot POP = 0,000000098 \cdot 3,9 \cdot 200000 = 0,076 < <1.$$

Т.е. среди 200000 жителей в течение всей жизни не должно быть ни одного случая онкозаболевания, вызванного действием бенз(а)пирена.

Задача №4

Почва в населенном пункте загрязнена радионуклидами. Мощность дозы гамма излучения равна $3,5 \cdot 10^{-8}$ Зв/час. Рассчитать коллективный и индивидуальный радиационный риски для 4000 человек, живущих и работающих в данной местности в течение 20 лет. Коэффициент индивидуального радиационного риска равен $7,3 \cdot 10^{-2}$ [чел⁻¹·Зв⁻¹].

Решение:

Индивидуальная годовая доза:

$$h = 3,5 \cdot 10^{-8} \cdot 24 \cdot 365 = 0,0003066 \text{ Зв/год.}$$

Индивидуальная доза внешнего облучения за 20 лет:

$$H = h \cdot 20 = 0,0003066 \text{ Зв/год} \cdot 20 = 6,1 \cdot 10^{-3} \text{ Зв.}$$

Индивидуальный радиационный риск:

$$r = H \cdot r_E = 6,1 \cdot 10^{-3} \cdot 7,3 \cdot 10^{-2} = 0,00045 \text{ год}^{-1} \cdot \text{чел}^{-1}$$

Верхняя граница допустимого индивидуального риска в соответствии с НРБ -99/2009 составляет $5,0 \cdot 10^{-5}$ чел⁻¹·год⁻¹.

т.к. r меньше предела допустимого риска, равного

$5,0 \cdot 10^{-5}$ год⁻¹·чел⁻¹, то индивидуальный радиационный риск можно считать допустимым.

Величина коллективной дозы облучения за 20 лет:

$$K = H \cdot N = 6,1 \cdot 10^{-3} \cdot 4000 = 24,4 \text{ чел.Зв.}$$

Коллективный радиационный риск:

$$R = K \cdot r_E = 24,4 \cdot 7,3 \cdot 10^{-2} = 1,78 \text{ случаев.}$$

Каждый случай – потеря 15 лет жизни.

$$\Delta = \beta \cdot R = 15 \cdot 1,78 = 26,7 \text{ лет.}$$

Общая коллективная продолжительность жизни:

$$T_K = N \cdot 70 = 280000 \text{ лет.}$$

Относительная потеря длительности жизни рассматриваемого населения.

$$\delta = \Delta / T_K = 26,7 / 280000 = 9,54 \cdot 10^{-5} \text{ т.е. } 0,01\%$$

Индивидуальный радиационный риск выражается средним сокращением продолжительности жизни одного человека:

$$\Delta T = 70 \cdot 0,0001 = 0,007 \text{ лет} - 2,6 \text{ дней.}$$

Литература

1. Федеральный государственный образовательный стандарт высшего образования по направлению подготовки 05.03.06 «Экология и природопользование». 2013.
2. Основы государственной политики в области обеспечения химической и биологической безопасности Российской Федерации на период до 2025 года и дальнейшую перспективу № Пр-2573 от 01.11.2013 г. // Справочно-правовая система «Кодекс».
3. Зайцева Н.В., Май И.В., Шур П.З. Анализ риска здоровью населения на современном этапе // Здравоохранение Российской Федерации. – 2013. – № 2. – С. 20–24.
4. Гасилин В.В., Бочаров Е.П., Вахитов К.Х., Попов Г.О., Айзатуллин А.А. Санитарно-гигиеническая оценка атмосферного воздуха и оценка канцерогенного риска для здоровья населения в крупном промышленном городе // Здоровье населения и среда обитания. 2013. № 4 (241). С. 42-44.
5. Чернов Ю. П., Вербицкая Т. А. Особенности обоснования санитарно-защитной зоны для ТЭЦ // Вестник Международного университета природы, общества и человека «Дубна». Серия «Естественные и инженерные науки» № 1 (33), 2016 № 1 (33). С. 56-61.
6. Рахманин, Ю. А. Современные проблемы оценки риска воздействия факторов окружающей среды на здоровье населения и пути ее совершенствования / Ю.А. Рахманин [и др.] // Анализ риска здоровью. — 2015. — № 2. — С. 4—11.
7. «Руководство по оценке риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду» Р 2.1.10.1920-04, утвержденное Главным государственным санитарным врачом Российской Федерации 05.03.2004 г.
8. Методическое пособие по расчёту, нормированию и контролю выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух, СПб, 2012 г.
9. Санитарно-защитные зоны и санитарная классификация предприятий, сооружений и иных объектов. Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы СанПиН 2.2.1/2.1.1.1200-03.
10. Методика расчета концентраций в атмосферном воздухе вредных веществ, содержащихся в выбросах промышленных предприятий (ОНД-86)". Л., Гидрометеиздат, - 1987. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.docload.ru/Basesdoc/2/2826/index.htm>.

11. Методические указания по расчету осредненных за длительный период концентраций выбрасываемых в атмосферу вредных веществ, СПб, ГГО им. А.И. Воейкова, - 2005. Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://standartgost.ru/g/pkey-14293799314>.
12. СанПиН 2.6.1.2523-09 Нормы радиационной безопасности. НРБ-99/2009.

Приложение

Характеристика источников выбросов загрязняющих веществ

Номер источника загрязнения атмосферы	Параметры источников загрязнения атмосферы		Параметры ГВС в устье источника загрязнения атмосферы			Код загрязняющего вещества	Количество загрязняющих веществ, выбрасываемых в атмосферу		Координаты источников загрязнения в заводской системе координат			
	Высота, м	Диаметр, м	Скорость, м/с	Объем ный расход, м ³ /с	Темп ерату ра, °C		Максимальн ое, г/с	Суммарное, т/г	X1	Y1	X2	Y2
0001	62.50	4.0000	7.90514	99.33	99.0	0301	11.033687	177.803640	165	74		
						0304	1.764914	28.803640				
						0337	13.796088	246.879344				
						0703	0.000001	0.000031				
0002	63.00	3.7500	15.63334	172.66	150.0	0301	30.310712	183.556496	80	144		
						0304	4.925491	29.827931				
						0330	231.116670	54.978000				
						0337	33.430933	22.754643				
						0703	0.000072	0.000292				
0003	63.00	3.7500	16.20185	178.94	162.0	0301	31.444765	196.004149	112	114		
						0304	5.109774	31.850674				
						0330	232.913300	8.967000				

						0337	33.690820	21.633600				
						0703	0.000059	0.000166				
0004	72.00	3.0000	18.32503	129.53	130. 0	0301	13.197250	85.895683	138	160		
						0304	2.144553	13.958049				
						0337	26.324301	16.848769				
						0703	0.000005	0.000053				
0005	72.00	3.0000	18.97905	134.15	158. 0	0301	19.374348	201.016790	146	188		
						0304	3.148332	32.665228				
						0330	176.236666	8.967000				
						0337	25.492563	15.416398				
						0703	0.000005	0.000145				
0006	58.00	3.5000	6.13316	59.00	150. 0	0301	5.788615	2.903703	154	88		
						0304	0.940650	0.471852				
						0337	11.424899	0.088516				
						0703	0.000001	0.000001				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
0008	72.00	3.0000	18.16771	128.42	145. 0	0301	22.517792	298.522294	152	206		
						0304	3.659141	48.509873				
						0330	173.950000	54.978000				
						0337	25.161797	6.221747				
						0703	0.000052	0.000221				

0009	40.00	2.0000	1.30000	1.30	30.0	2735	0.003250	0.102492	80	144		
	шир=	0.5000										
0010	1.00	0.2000	0.09867	0.00	23.0	2735	0.002697	0.000182	54	38		
0020	13.00	0.4000	9.39809	1.18	23.0	0150	0.000271	0.008563	124	344		
0021	13.00	0.4500	8.09843	1.28	23.0	0150	0.000296	0.0093391	124	332		
0022	12.00	0.4000	7.50000	0.94	23.0	0322	0.000471	0.014853	150	346		
0024	5.00	0.4000	7.50000	0.94	23.0	2735	0.000377	0.011883	228	240		
0026	1.60	0.4500	6.40000	1.29	23.0	0123	0.002714	0.0004880	232	106		
	шир=	0.4500				0143	0.000481	0.000086				
						0301	0.006111	0.000220				
	шир=	0.4500				0342	0.000111	0.000020				
0028	1.50	0.2000	6.36619	0.20	23.0	0123	0.003000	0.000707	86	180		
0030	40.00	5.0000	1.50000	7.50	23.0	0123	0.002714	0.001954	128	180		
	шир=	1.0000				0143	0.000481	0.000346				
						0301	0.006111	0.000660				
						0342	0.000111	0.000080				
0031	10.00	0.2000	4.90000	0.15	23.0	0301	0.000047	0.000061	90	354		
						0304	0.000008	0.00001				
						0330	0.000023	0.000028				
						0337	0.0062	0.007497				
						2704	0.000709	0.000868				
6001	5.00					0301	0.021284	0.001723	62	342	78	350
	шир=	10.0000				0304	0.003459	0.000280				
						0328	0.005433	0.000345				
						0330	0.002657	0.000194				
						0337	0.068194	0.003828				

						2704	0.002333	0.000126				
						2732	0.008667	0.000549				
6002	5.00					0301	0.011084	0.018982	210	226	240	218
	шир=	10.0000				0304	0.001801	0.003024				
						0328	0.000770	0.000984				
						0330	0.001487	0.002790				
						0337	0.423258	0.689949				
						2704	0.060000	0.09932				
						2732	0.006268	0.007765				
6003	5.00					0301	0.0000180	0.0001032	100	350	214	424
	шир=	10.0000				0304	0.000003	0.000016				
						0330	0.000008	0.000039				
						0337	0.001572	0.00777				
						2704	0.00024	0.001097				