

Введение В настоящее время много работ в этой области посвящено методологии расчета риска здоровью человека, предлагаются подходы для расчета риска функциональных и органических нарушений в организме человека при воздействии токсикантов на промышленно-развитой территории, в том числе и в зоне действия полимерных производств. Однако разработанные алгоритмы во многом являются универсальными, имеющими не только общие ключевые понятия, но и математический аппарат. Методические подходы к оценке экологического риска здоровью населения при воздействии урбанизированной среды используется в большом числе работ, например [1-7]. Экологический риск авторами понимается как вероятностная оценка опасности негативных изменений окружающей среды для здоровья человека. Главное преимущество расчета экологического риска состоит в возможности оценить опасность поступления в среду различных загрязняющих веществ для всего населения, проживающего на исследуемой территории и для отдельных наиболее чувствительных групп (дети, подростки, люди пожилого возраста, беременные и кормящие женщины и т.д.). При этом оценивается опасность воздействия широких диапазонов концентраций токсикантов с учетом пространственной и временной неоднородности. При этом устанавливается вероятность развития и определения степени выраженности неблагоприятных эффектов на основе научного анализа токсических свойств химических веществ и условий их воздействия на человека, то есть проводится оценка риска. В указанных работах оценку риска рекомендуется проводить в четыре этапа: 1) идентификация опасности; 2) оценка зависимости «экспозиция (доза) - ответ»; 3) оценка экспозиции (воздействия); 4) характеристика риска. Идентификация опасности помимо выявления опасных факторов, вызывающих токсические эффекты у человека предусматривает определение степени опасности с ранжированием по степени приоритетности. Определение зависимости «экспозиция - ответ» предназначено для установления количественной характеристики связи между концентрацией, экспозицией или дозой изучаемого фактора и вызываемыми им токсическими эффектами. Оценка экспозиции представляет собой характеристику уровней, продолжительности, частоты и путей воздействия исследуемых факторов на оцениваемые группы населения. На данном этапе рекомендуется определять: а) источники поступления токсикантов в окружающую среду; б) потенциальные пути распространения; в) места потенциального контакта определенных групп населения с вредными факторами (точки воздействия) и пути поступления их в организм человека (при дыхании, потреблении воды, случайном заглатывании почвы и т.д.); г) количественную характеристику экспозиции, предусматривающую установление и оценку величины, частоты и продолжительности воздействия для каждого анализируемого пути; д) поступление в организм (воздействующие дозы). Характеристика риска предусматривает установление источников

возникновения и определение степени выраженности рисков при конкретных сценариях и маршрутах воздействия изучаемых факторов, на данном этапе интегрируется информация, полученная на предшествующих этапах, с целью ее последующего использования на стадии управления риском. Как правило, идентификация опасности предусматривает сбор и анализ данных о всех источниках загрязнения объекта исследования, выявление и выбор приоритетных для исследования токсикантов с учетом их способности наносить вред организму, определение групп населения, потенциально подверженных воздействию, и условия этого воздействия на основе данных:

- о распространении химического вещества в окружающей среде, его токсичности для человека или экосистемы;
- характере и спектре ущерба здоровью, заболеваниях, с которыми может быть связано воздействие данного химического агента;
- путях экспозиции (ингаляционном, пероральном, кожном) и т.д.

Сбор и анализ обширной и многоплановой информации об источниках загрязнения проводится для определения путей распространения и воздействия химических веществ в конкретных местах проживания населения, периодов времени наибольшего и наименьшего воздействия в момент исследований и оценки воздействия в прошлом. Без экспозиции не будет риска, независимо степени опасности химического вещества. Следовательно, если опасность - общий признак взаимодействия химического соединения с биологической системой, то риск — специфический признак частной ситуации. Оценка экспозиции (воздействия) - один из наиболее точных этапов общей процедуры оценки риска. Экспозиция (воздействие) представляет собой контакт организма с химическим, физическим или биологическим фактором. Величина экспозиции характеризуется измеренным или рассчитанным количеством фактора в конкретном объекте окружающей среды, находящимся в соприкосновении с пограничными органами человека (дыхательными путями, пищеварительным трактом, кожей, слизистыми оболочками) в течение какого-либо времени. Экспозиция может быть выражена как общим количеством вещества в окружающей среде (в единицах массы, например мг/м³) или величиной воздействия - массой вещества, отнесенной к единице времени (например, мг/сут), так и величиной воздействия, нормализованной с учетом массы тела мг/(кг/сут). Воздействующие концентрации оценивают с использованием данных мониторинга и/или путем моделирования процессов распространения и поведения химических веществ в окружающей среде, т.е. количественного определения концентраций химических соединений в среде путем эмпирических или теоретических вычислений. Моделирование может быть использовано как для прогнозирования возможных концентраций веществ в исследуемом объекте окружающей среды в будущем, так и для расчетного определения концентраций в текущий момент времени. Расчетной величиной экспозиции является доза (количество токсиканта, поступившего в организм при

увеличении времени воздействия с учетом массы тела), доза выражается в единицах массы химического соединения, находящегося в контакте с единицей массы тела человека обычно в течение суток, и имеет размерность мг/(кг-сут). С учетом установленной дозы анализируют зависимость «доза - ответ», связывающую величину воздействующей дозы токсичного вещества с вероятностью появления негативных последствий для здоровья человека. Характеристика риска является связующим звеном между собственно оценкой риска для здоровья и управлением риском. На этом этапе интегрируют данные об опасности анализируемых химических веществ, величине экспозиции и параметрах зависимости «доза - ответ», полученные на всех предшествующих стадиях исследований, проводится совокупный анализ степени надежности накопленных результатов, описываются риски для отдельных факторов и их сочетаний, а также характеризуется вероятность и тяжесть возможных неблагоприятных эффектов на здоровье человека. Обязательным элементом характеристики риска является рассмотрение всех предположений, научных гипотез и неопределенностей, которые могут исказить результаты оценки риска и конечные выводы. Характеристики риска осуществляют в такой последовательности: • обобщение результатов оценки экспозиции и зависимостей «доза (концентрация) - ответ»; • расчет значений риска для отдельных маршрутов воздействия и путей поступления химических веществ в организм; • расчет рисков для условий агрегированной (при поступлении одного химического соединения в организм человека всеми возможными путями из разных объектов окружающей среды) и кумулятивной (при одновременном воздействии нескольких химических веществ) экспозиции; • выявление и анализ неопределенностей оценки риска; • обобщение результатов оценки риска и представление полученных данных лицам, участвующим в управлении риском, в понятной и доказательной форме с указанием на достоверность и ограничения характеристик риска. Основным принцип, положенный в основу метода оценки риска, — использование существующей зависимости «доза-эффект», позволяющей количественно оценить величину отрицательного эффекта на экологическое состояние, исходя из дозы загрязняющего вещества, попавшего в экосистему. Целью оценки «доза – эффект» является определение взаимосвязи между степенью воздействия опасности и размером и вероятностью негативных последствий. В характеристике риска, результаты оценки воздействия и зависимости «доза – эффект» объединяются, давая возможность провести количественные оценки риска, а также связанные с ними неопределенности. Но рассмотренная методология сложна для практического воплощения ввиду требуемого огромного объема исследований и отсутствия адекватных данных о воздействии большого набора потенциально токсичных веществ на организм, всех возможных путях поступления и т.д. Проведение достаточно полной оценки риска для всех воздействующих факторов, присутствующих на исследуемой

территории, также не представляется возможным, поэтому вполне оправданным является снижение количества учитываемых факторов путем отбора наиболее значимых, определяющих существующий риск для здоровья населения данной местности. Следовательно, актуальнейшей задачей для оценки и управления риском на территории мегаполиса является методическое обеспечение для поэтапного проведения указанных процедур. Количественной характеристикой повторяемости неблагоприятных воздействий за тот или иной промежуток времени является частота событий I , измеряемая как отношение числа этих событий N к соответствующим промежуткам времени T : (1) При заданной величине интенсивности появления событий I распределение времен между появлениями таких событий описывается распределением Пуассона: (2) Вероятность того, что в течение времени T наступит хотя бы одно событие, определяется в соответствии со следующим соотношением: (3) Обозначим через $P_n = P_n(r, u, L)$ вероятность поражения объекта окружающей среды в результате негативного воздействия. Здесь r - удаленность объектов от источников воздействия, L - защищенность объекта системы от поражающего действия экологического эффекта u . Для определения вероятности P_n анализируются экологические эффекты и факторы прогнозируемого негативного воздействия, оцениваются уровни возможных воздействий вредных веществ и излучений, масштабы их распространения с учетом ландшафтных и метеорологических условий, временные периоды их действия. Для j -го объекта окружающей среды, характеризующегося защищенностью L_{ij} от поражающего действия i -го экологического эффекта, величина экологического риска равна произведению вероятности реализации неблагоприятного воздействия на вероятность поражения объекта окружающей среды: (4) С учетом действия совокупности факторов могут быть получены и формулы для соответствующих такому действию рисков. При этом суммирование рисков имеет смысл лишь при достаточной однородности и однотипности объектов и видов риска [10]. Как уже отмечалось выше, оценка такой разновидности вероятностного риска, как относительный риск, рассматривает отношение между объектами, испытывающими определенный вид воздействия и не имеющими его. Величина относительного вероятностного риска дает возможность определить, во сколько раз увеличивается вероятность проявления негативных для системы признаков, обусловленных определенным воздействием при его наличии, что может быть оценено с помощью следующей упрощенной формулы [11-12]. $R_o = a*d / b*c$, (5) где a - наличие признака в исследуемой группе, b - отсутствие признака в исследуемой группе, c - наличие признака в группе сравнения (фоновый объект), d - отсутствие признака в группе сравнения (фоновый объект). Показатель атрибутивного риска (RA) служит для оценки доли нарушений функционирования системы, связанной с данным фактором риска: $RA = Q (R_o - 1) / Q (R_o - 1) + 1$ (6) где Q частота признака, маркирующего риск, в общем числе

наблюдений; R_o - относительный риск. Таким образом, расчет вероятностного экологического риска на исследуемой территории основан на мониторинговой информации о состоянии объектов окружающей среды и населения. Потоки веществ, в том числе и загрязняющих, в системе распределяются по различным средам, и вероятность их накопления в той или иной среде выражается в виде относительных рисков. Интегрирующим показателем, объединяющим эти относительные риски накопления загрязняющих веществ в различных средах и является величина обобщенного риска. Использование вероятностных оценок позволяет не только проводить сравнение рисков по зонам, но и выявить преимущественные (лимитирующие) риски, при этом оценки степени риска не чувствительны к размерности отдельных факторов [13-15].